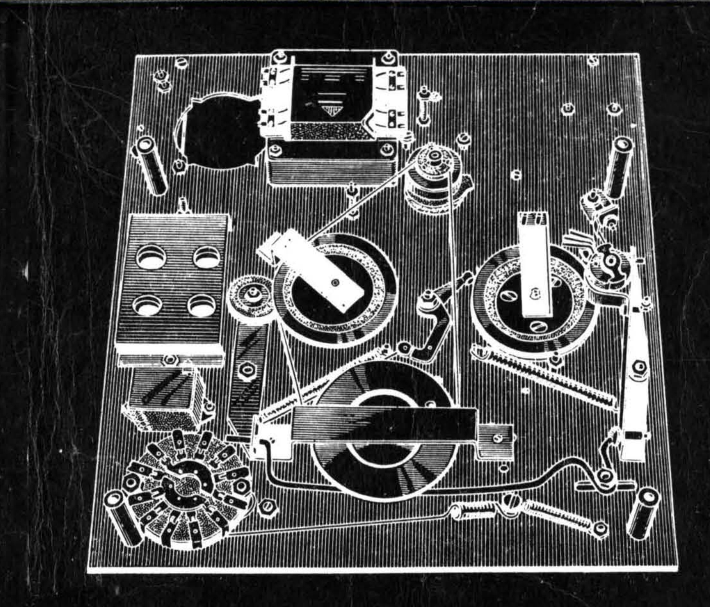
amateurreihe

electronica



Rolf Anders

Transistorisiertes Kleinmagnetbandgerät, selbstgebaut

electronica · Band 116

Transistorisiertes Kleinmagnetbandgerät, selbstgebaut

ROLF ANDERS

Transistorisiertes Kleinmagnetbandgerät, selbstgebaut



MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK

1. Auflage, 1.—15. Tausend
Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik · Berlin 1973
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5
ES-Nr.: 23 K
Lektor: Dipl.-Ing. Jürgen Hauke
Zeichnungen: Gisela Heidemann
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Dieter Kahnert
Vorauskorrektor: Ingeborg Kern · Korrektor: Sonja Topolov
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: I/16/01 Druckerei Märkische Volksstimme
Potsdam, A 370
Redaktionsschluß: 16. November 1972
Bestellnummer: 745 516 8
EVP 1,90

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Das Anliegen dieser Broschüre ist es, Anregungen für den Selbstbau eines batteriebetriebenen Magnetbandgeräts zu geben.
Zahlreiche Bauanleitungen mit dieser Thematik sind in verschiedenen Zeitschriften und Broschüren veröffentlicht worden, so daß es an sich müßig erscheint, hierzu noch eine Broschüre zu schreiben. Sieht man jedoch diese Bauanleitungen durch, so muß man leider feststellen, daß die Mechanik derartiger Geräte nur sehr knapp, meist jedoch überhaupt nicht behandelt wird. Es soll mit der vorliegenden Broschüre der Versuch unternommen werden, an Hand einiger ausgesuchter Schaltungen von Baugruppen dem interessierten Leser die Möglichkeit zu geben, sich eine Gesamtschaltung selbst zusammenzustellen, die seinen individuellen Erfordernissen entspricht.
Da der Aufbau eines transistorisierten Magnetbandgeräts nur vom erfahrenen Amateur vorgenommen werden sollte, wird auf die Grundlagen der Magnetbandtechnik nicht eingegangen, was auch aus Platzgründen in dieser kleinen Broschüre nicht möglich ist.
Die Schaltungsvarianten für die elektrische Konzeption berücksichtigen einige mögliche Wünsche des Lesers. Wie bereits festgestellt, gibt es hierzu jedoch umfangreiche Literatur, auf die an passender Stelle hingewiesen wird, so daß der Schwerpunkt dieser Bauanleitung auf der mechanischen Konzeption eines transistorisierten Magnetbandgeräts liegt.
Jeder Amateur, der sich heute ein transistorisiertes Magnetbandgerät bauen will, muß sich darüber im klaren sein, daß der erfolgreiche Aufbau eines solchen Geräts einige Voraussetzungen erfordert, die nicht in jedem Fall beim Amateur vorhanden sein dürften. Neben einem Vielfachmesser und einem Oszillografen muß unbedingt noch ein NF-Generator zur Verfügung stehen. Während die meßtechnische Aus-

rüstung noch bei vielen Amateuren vorhanden sein wird, dürften die Voraussetzungen für die Anfertigung der mechanischen Bauelemente kaum gegeben sein. Da in den wenigsten Fällen eine einwandfrei laufende Drehmaschine beim Amateur stehen wird, läßt sich der Weg zur nächsten feinmechanischen Werkstatt kaum umgehen. Ein solcher Schritt ist aber auch mit entsprechenden Kosten verbunden. Deshalb gleich im Vorwort eine warnende Bemerkung. Der Amateur, der ein Magnetbandgerät deshalb selbst bauen will, weil er glaubt, beim Eigenbau erhebliche Mittel gegenüber dem Erwerb eines industriell gefertigten Geräts einsparen zu können, der sollte vom Selbstbau Abstand nehmen. Ein Eigenbaugerät kommt auf alle Fälle teurer als ein industriell gefertigtes Gerät, wenn man die mechanischen Einzelteile in einer Werkstatt anfertigen lassen muß. Nur wer den Selbstbau als Hobby betreibt und das Erfolgserlebnis sucht, sollte sich an dieses Vorhaben heranwagen.

Leipzig, im November 1972

Rolf Anders

1. Grundkonzeption

Es soll ein Vierspurgerät mit Batterie- und Netzbetrieb gebaut werden. Dabei sollen einige technische Parameter erfüllt werden, die das Gerät mit einem industriell gefertigtem Bandgerät vergleichbar machen. Gleichzeitig soll im Interesse des Amateurs eine Konstruktion geschaffen werden, die den Nachbau erleichtert und besonders den Nachbau der mechanischen Bauelemente ermöglicht, ohne daß dabei die technischen Parameter eine spürbare Einschränkung erfahren und ohne daß der Bedienungskomfort wesentlich unter dem eines Industriegeräts liegt.

Angestrebte technische Daten

Anzahl der Spuren:	4
Bandgeschwindigkeit:	9,5 cm/s
Stromversorgung:	aus Batterie und Netz
Spulendurchmesser:	8 cm
Antrieb:	handelsüblicher Gleichstromkleinmotor
Drehzahlstabilisierung:	ja
Frequenzgang:	100 Hz bis 8 kHz bei −3dB
Aussteuerungsanzeige:	ja
Betriebsspannungsanzeige:	ja
Löschung und Vormagnetisierung:	mittels HF
Weitere Besonderheiten:	schneller Vor- und Rücklauf, getrennte Hoch- und Tieftonregelung, eingebauter Endverstärker (etwa 400 mW), eingebauter Kontrollautsprecher

Das Gerät soll in Volumen und Masse etwa dem bekannten Bandgerät *Uran* entsprechen.

Wie bereits im Vorwort zum Ausdruck gebracht, soll die mechanische Konstruktion amateurgerecht ausgelegt sein. Die elektrischen Baugruppen werden der mechanischen Konzeption angepaßt.
Das Gerät ist als Vierspurgerät konzipiert. Je nach Wunsch kann es natürlich auch als Zweispurgerät ausgelegt werden. Beim Aufbau als Zweispurgerät fällt der Spurwahlschalter weg. Beim Aufbau als Zweispurgerät ergeben sich einige Vorteile in der Kopfauswahl. Darauf wird jedoch noch in einem späteren Abschnitt eingegangen.
Beim Mustergerät wurde eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/s gewählt. Schaltungen für andere Bandgeschwindigkeiten werden ebenfalls behandelt. Die Wahl der Bandgeschwindigkeit muß natürlich auch bei der mechanischen Konstruktion berücksichtigt werden. Bei sehr niedrigen Bandgeschwindigkeiten wachsen die Anforderungen auf Maßhaltigkeit an die mechanischen Bauelemente erheblich.
Der Antrieb des Geräts mit einem handelsüblichen Gleichstromkleinmotor ist etwas schwierig. Selbstverständlich wäre der Einsatz eines speziellen Kleinmotors für Batteriegeräte wesentlich günstiger und problemloser. Wie in der Bauanleitung gezeigt wird, läßt sich jedoch auch unter Verwendung eines handelsüblichen Kleinmotors durch elektronische Stabilisierung ein ausreichender Gleichlauf erzielen.
Das Gerät wird mit getrennten Aufzeichnungs- und Wiedergabeverstärkern ausgestattet. Obwohl keine getrennten Aufzeichnungs- und Wiedergabeköpfe vorgesehen sind, wird diese Konzeption im Interesse eines übersichtlichen Aufbaus gewählt. Es ergeben sich durch diese Variante einige wesentliche Vorteile:

a) Die Anzahl der Umschaltkontakte gegenüber einem kombinierten A-W-Verstärker reduzieren sich erheblich. Damit wird die Anzahl der möglichen Fehlerquellen eingeschränkt und die Betriebssicherheit erhöht.
b) Die Fehlereinkreisung vereinfacht sich.

Natürlich müssen diese offensichtlichen Vorteile auch durch einige Nachteile erkauft werden. So verdoppeln sich nahezu der Aufwand an Bauelementen und der Platzbedarf.

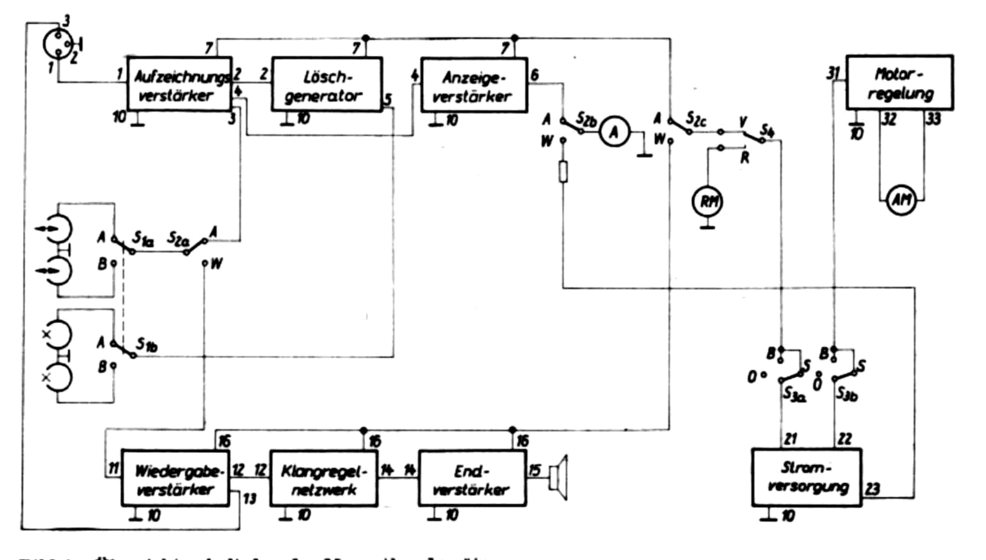


Bild 1 Übersichtsschaltplan des Magnetbandgeräts

Die mechanische Konzeption wurde so ausgelegt, daß nach Möglichkeit die Bearbeitung der mechanischen Teile nicht sehr viel Aufwand erfordert. So wurde zum Beispiel auf eine mechanisch gesteuerte Rückspulmöglichkeit verzichtet und ein zweiter Kleinmotor für die Rückspulung eingesetzt. Ein solcher Motor ist weitaus billiger als das Anfertigen von Teilen für die mechanische Rückspuleinrichtung.
Aus den bisherigen Darstellungen ergibt sich nun eine elektrische Konzeption, wie sie im Übersichtsschaltplan (Bild 1) dargestellt ist. Beim Aufzeichnungsvorgang gelangt das Signal über die Eingangsbuchse zum Aufzeichnungsverstärker. Über den Schalter S_{2a}, der sich dabei in Stellung A befindet, gelangt es zum Spurwahlschalter S_{1a} und zur gewünschten Kopfwicklung. Gleichzeitig wird über den Spurwahlschalter S_{1b} die entsprechende Löschkopfwicklung an den Löschgenerator angeschlossen. Über die Verbindung 2 wird der HF-Vormagnetisierungsstrom in den Aufzeichnungsverstärker eingespeist. Der Umschalter S_{2b} legt das Aussteuerungsinstrument an den Anzeigeverstärker. Mit S_{2c} wird der gesamte Aufzeichnungszweig an die Stromversorgung angeschlossen. Bei Wiedergabevorgang wird über S_{2c} der Wiedergabezweig, bestehend aus dem Wiedergabeverstärker, dem Klangregelnetzwerk und dem Endverstärker, an die Stromversorgung geschaltet. Das Aussteuerungsinstrument dient jetzt der Betriebsspannungsanzeige. Der Umschaltkontakt S_4 wird mechanisch vom Rücklaufhebel betätigt. Beim Bandrücklauf wird S_4 in Stellung R gebracht, und der Rücklaufmotor RM wird an die Betriebsspannung des Verstärkers gelegt, wobei der Wiedergabe- bzw. Aufzeichnungszweig der Schaltung stromlos ist. Die Andruckrolle (nicht in Bild 1 dargestellt) wird mechanisch mit dem Betriebshauptschalter S_3 gekoppelt. Dieser Drehschalter hat 3 Schaltstellungen.
O (Aus): Die Stromversorgung für das Gerät ist abgeschaltet und die Andruckrolle von der Tonwelle abgeschwenkt. In dieser Stellung wird das Band eingelegt bzw. entnommen.
B (Bereitschaft): In dieser Stellung wird der Antriebsmotor eingeschaltet und die Andruckrolle sehr nahe an die Tonwelle gebracht, so daß jetzt kein Bandwechsel mehr vor-

genommen werden kann. Ein Rückspulen oder ein schneller Vorlauf ist jetzt noch möglich. Auch kann man das Gerät noch aussteuern.

S (Start): In der letzten Schaltstellung von S_3 wird die Andruckrolle an die Tonwelle gelegt, und der Bandtransport beginnt.

Die beiden Funktionen *Schneller Vorlauf und Rücklauf* werden von einem getrennten Schaltknebel gesteuert. Werden Vorlauf oder Rücklauf versehentlich betätigt, während sich S_3 in Stellung S befindet, so können trotzdem keine Bandschäden auftreten, da die Kopplungen für die schnellen Antriebsarten nur sehr lose wirken.

Durch Trennung von Wiedergabe- und Aufnahmefunktionen ergibt sich folgender Schalterbedarf:

Schalter S_1: Spurwahlschalter, Schiebetastenschalter mit 2 Umschaltkontakten

Schalter S_2: Aufzeichnungs-Wiedergabeschalter, Schiebetastenschalter mit 3 Umschaltkontakten

Schalter S_3: Drehschalter mit 2 Schaltebenen und 3 Schaltstellungen

Schalter S_4: Federsatz, 1 Umschalter

In den nun folgenden Abschnitten sollen die einzelnen Baugruppen beschrieben werden.

2. Kopfwahl und Anpassung

Bekanntlich werden an Aufzeichnungs- und Wiedergabeköpfe unterschiedliche Anforderungen gestellt. Während der Aufzeichnungskopf möglichst niederohmig sein soll, verwendet man für den Wiedergabekopf mittlere bis hochohmige Typen. Besonders bei transistorisierten Bandgeräten sind niederohmige Aufzeichnungsköpfe nahezu ideal. Da die Stärke der Bandmagnetisierung nicht von der dem Kopf zugeführten Spannung, sondern von dem den Kopf durchfließenden Strom abhängig ist, lassen sich niederohmige Köpfe an Kleinleistungstransistoren sehr optimal anpassen. Derartige Kleinleistungstransistoren können ein vielfaches des von niederohmigen Köpfen benötigten Aufsprechstroms aufbringen, keinesfalls aber, von einigen Spezialtypen abgesehen, ein mehrfaches der von hochohmigen Köpfen benötigten Spannung. Anders sieht es jedoch beim Wiedergabekopf aus. Hier lassen sich hochohmige als auch niederohmige Köpfe einsetzen. Es muß dabei folgendes beachtet werden:

a) Beim niederohmigen Kopf ist die Nutzspannung sehr gering. Damit wird das Rauschen an der Basis des Eingangstransistors ebenfalls gering.

b) Beim hochohmigen Kopf ist die Nutzspannung sehr groß. Dementsprechend treten aber auch die Rauschquellen an der Basis des Eingangstransistors voll in Erscheinung. Es ergibt sich jedoch ein Optimum für den Kopfscheinwiderstand nach einer hier nicht abgeleiteten Beziehung:

$$Z_{\text{Kopf opt}} = \frac{2{,}59 \cdot \beta}{I_C}$$

Die Impedanz des Kopfes wird bei etwa 1000 Hz angenommen. In dieser Beziehung ist β die Stromverstärkung des Eingangstransistors und I_C der Kollektorstrom desselben Transistors. Leider ist es nun so, daß für die Konzeption eines Vierspurgeräts keine entsprechende Auswahl von Vierspurköpfen

vom Handel für den Amateur angeboten wird. In der DDR ist lediglich der Kopftyp *X 2 Q 15* und gelegentlich ein Tesla-Typ erhältlich. Diese Köpfe haben keine Anzapfung der Wicklung, so daß sie beim Aufzeichnungs- und beim Wiedergabevorgang mit der gleichen Induktivität arbeiten. Etwas günstiger sieht es aus, wenn das Gerät als Zweispurgerät aufgebaut wird. Zweispurköpfe werden mit angezapften Wicklungen im Handel angeboten, so daß diese mit unterschiedlicher Induktivität in der Schaltung eingesetzt werden können. Die wichtigsten Daten der Köpfe [1], [2]:

	A-W-Kopf	Löschkopf
Typ:	X 2 Q 15	L 2 Q 11
Induktivität:	80 mH (bei f = 1 kHz)	0,5 mH
Spaltweite:	3 μm	2 × 50 μm
Gleichstromwiderstand:	$R_c = 46\,\Omega$	$R_c = 1{,}2\,\Omega$
Wiedergabefaktor bei f = 315 Hz:	$ü_w = 1{,}5 \frac{\mu V}{pVs}$	
Nebenspurdämpfung:	$D_r = 45$ dB	—
Aufzeichnungsfaktor (Bandtyp CS, v = 9,5 cm/s bei 315 Hz)	$ü_z = 1{,}5 \frac{pVs}{\mu A}$	—
optimaler Vormagnetisierungsstrom bei $f_v = 80$ kHz:	$I_{vo} = 0{,}3$ mA	—
Spannungsbedarf bei I_{vo}:	$U_{vo} = 10$ V	
Nennlöschstrom	60 mA } bei v = 9,5 cm/s und CS-Band	
Verlustleistung	45 mW } bei v = 9,5 cm/s und CS-Band	

3. Aufzeichnungsverstärker

Die Schaltung eines Aufzeichnungsverstärkers, dessen Entzerrernetzwerk für eine Bandgeschwindigkeit von 4,7 cm/s ausgelegt ist, zeigt Bild 2. Es handelt sich hier um eine modifizierte Schaltung des Kassettengeräts *KT 100*. Sehr ähnliche Schaltungen wurden in der einschlägigen Literatur unter etwas anderen Betriebsbedingungen ausführlich behandelt und berechnet [3], [4].

Der Eingang des Verstärkers ist universell ausgelegt und gestattet den Anschluß der üblichen Tonspannungsquellen wie Rundfunkempfänger, Plattenspieler und Mikrofon. Dank der optimalen Dimensionierung des Dämpfungsnetzwerks R_1 bis R_4 ist es möglich, Tonspannungsquellen anzuschließen, die eine Spannung zwischen einigen hundert Mikrovolt und einigen hundert Millivolt abgeben. An den Anschluß 3 der Eingangsbuchse lassen sich Phonogeräte anschließen. Der Eingangsspannungsbedarf für Vollaussteuerung beträgt hier etwa 150 mV bei einem Eingangswiderstand von rund 1 MΩ. Am Anschluß 1 der Eingangsbuchse können Rundfunkempfänger und Mikrofone angeschlossen werden. Der Eingangswiderstand beträgt hier etwa 5 kΩ und der Spannungsbedarf für Vollaussteuerung rund 1 mV.

Der Transistor T_1 arbeitet als Vorstufe. Er ist gleich- und wechselspannungsmäßig gegengekoppelt. Es wird hier der rauscharme Siliziumtyp *SC 207* der Verstärkungsgruppe *d* oder *e* eingesetzt. Dieser Vorstufe folgt der Pegelregler P. Die nachfolgende Entzerrerschaltung ist mit 3 Transistoren vom Typ *SC 206* Gruppe *d* bestückt. T_2 bis T_4 sind galvanisch gekoppelt. T_4 arbeitet als Emitterstufe und paßt den Aufzeichnungskopf an die Schaltung an.

Das Entzerrernetzwerk ist zwischen dem Emitter von T_4 und dem Emitter von T_2 angeordnet. Soll der Aufzeichnungsverstärker für eine andere Bandgeschwindigkeit eingesetzt werden, so muß das Entzerrernetzwerk entsprechend um-

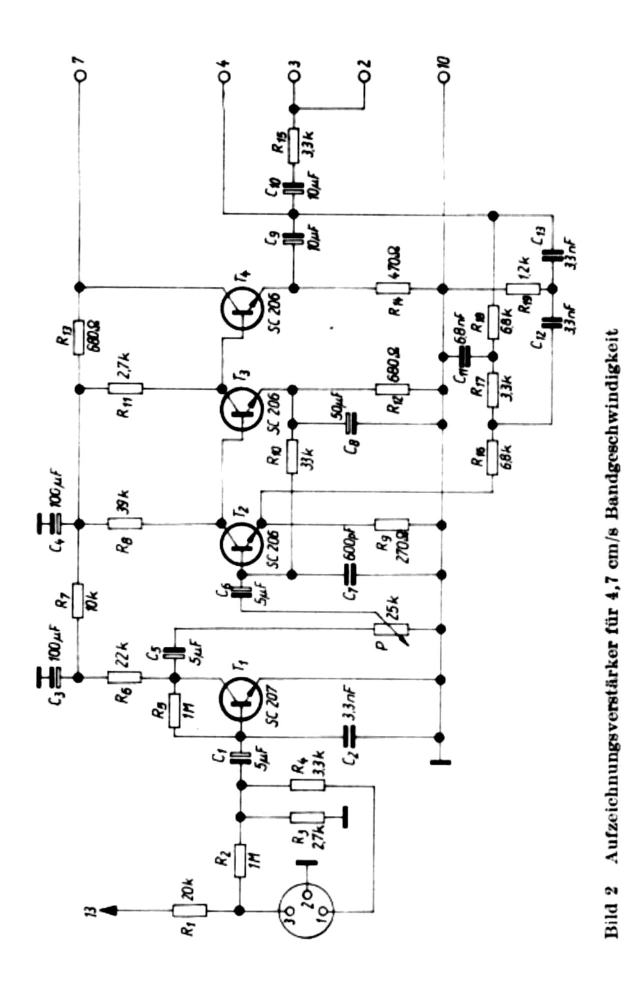


Bild 2 Aufzeichnungsverstärker für 4,7 cm/s Bandgeschwindigkeit

dimensioniert werden. Die Betriebsspannung für diese Schaltung beträgt 7,5 V. Der Widerstand R_{15} sorgt für eine Linearisierung des Aufsprechstroms.

An den einzelnen Transistoren ergeben sich, ohne Aussteuerung gemessen, nachstehende Gleichspannungswerte:

	T_1	T_2	T_3	T_4
E	—	0,033 V	0,73 V	2,9 V
B	0,65 V	0,65 V	1,4 V	3,6 V
K	1,8 V	1,4 V	3,6 V	7,5 V

(gemessen mit Vielfachmesser $R_i = 20$ kΩ/V)

Die Schaltung des in Bild 3 zeigten Aufzeichnungsverstärkers ist für eine Bandgeschwindigkeit von 19,05 cm/s ausgelegt. Diese Schaltung ist etwas aufwendiger und weist einige Besonderheiten auf.
Der Eingang des Aufzeichnungsverstärkers hat 2 getrennte Buchsen für den Anschluß eines Mikrofons und für den Anschluß eines Rundfunkempfängers oder Plattenspielers. In den ersten beiden Stufen ist der Verstärker mit einem *SC 207* und einem *SC 206* bestückt. Beide Transistoren sollten der Verstärkungsgruppe *d* angehören. Den beiden ersten Stufen folgt der Pegelregler P. Die Pegeleinstellung wird hier nicht wie üblich allein durch Spannungteilung, sondern auch durch eine veränderliche Gegenkopplung vorgenommen. Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende:
Am Kollektor von T_2 wird das verstärkte Signal über C_6 ausgekoppelt und gelangt über R_{25} und C_5 an den Emitterwiderstand R_5, wo die Signalspannung als Gegenkopplungsspannung wirkt. Gleichzeitig tritt das Signal aber auch über R_{11} und P auf. Der Mittelabgriff von P liegt an Masse. P hat also eine Doppelfunktion. Wird P so eingestellt, daß der Widerstand zwischen Schleifer und R_{11} ein Minimum wird, so ist die Gegenkopplungswirkung am geringsten, da zwischen R_{25} und C_5 eine nur sehr geringe Gegenkopplungsspannung auftritt. Die beiden ersten Transistoren arbeiten also mit größter Verstärkung. In Richtung auf C_{10} gesehen, weist jetzt P seinen maximalen Widerstandswert auf, und das Signal gelangt über C_6, R_{10} und C_{10} nahezu ungedämpft an die Basis des Transistors T_3. Für diesen Transistor wird ebenfalls der Typ *SC 206c* oder *d* eingesetzt. Bei entgegengesetzter Einstellung von P erreicht die Gegenkopplung ihren Maximalwert. Durch diese extreme Gegenkopplung wird die Signalspannung stark herabgesetzt, so daß jetzt am Spannungs-

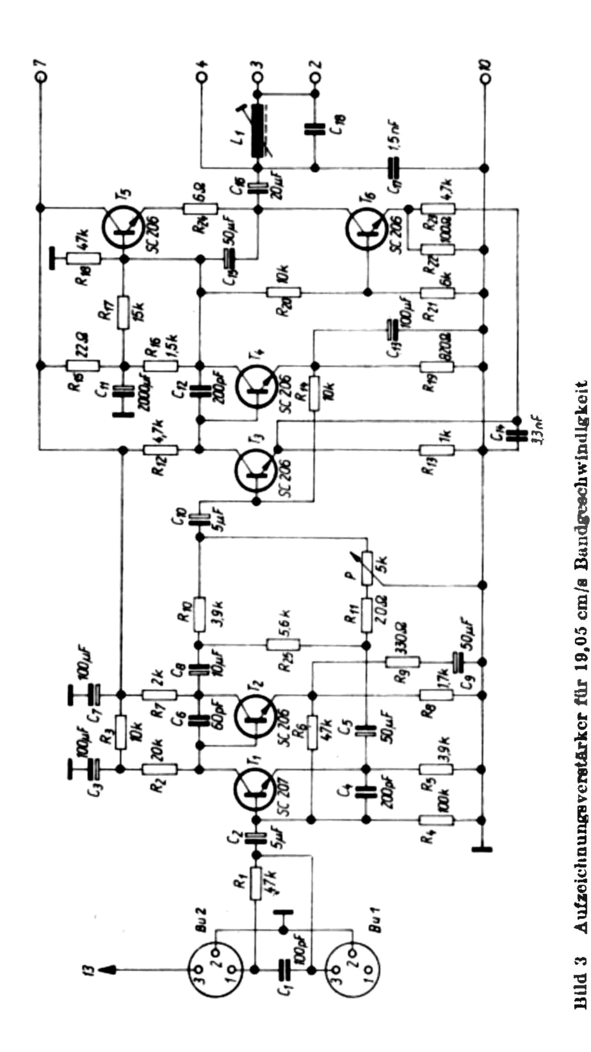


Bild 3 Aufzeichnungsverstärker für 19,05 cm/s Bandgeschwindigkeit

teiler R_{10} und P eine so geringe Spannung auftritt, die über C_{10} nicht mehr an der Basis von T_3 wirksam werden kann. Diese Art der Pegelregelung hat einige beachtliche Vorteile:

- Das Gegenkopplungsprinzip verringert die linearen und nichtlinearen Verzerrungen.
- Die Gesamtverstärkung der beiden ersten Stufen läßt sich so weit beeinflussen, daß ein Eingangsspannungsbereich von über 50 dB, bezogen auf die Grundempfindlichkeit, beherrscht wird.
- Der Störspannungsabstand wird wesentlich verbessert [5].

Eine weitere Besonderheit der Schaltung ist die Aufzeichnungsendstufe mit den Transistoren T_5 und T_6. Beide Transistoren sind vom Typ *SC 206c*. Der Transistor T_5 wirkt in dieser Schaltung als frequenzabhängiger Kollektorwiderstand für T_6. Die Aufzeichnungsspannung folgt somit dem ωL-Gang des Aufzeichnungskopfes, so daß dadurch ein frequenzunabhängiger Aufzeichnungsstrom den Aufzeichnungskopf durchfließt. Dieser Lösungsweg zur Erzeugung eines linearen Aufzeichnungsstroms ist weit eleganter und bei batteriebetriebenen Geräten auch wirtschaftlicher als die Linearisierung des Aufzeichnungsstroms durch einen Widerstand im Strompfad, da hier keine Spannungsverluste entstehen. Außerdem erhöht sich durch diese Schaltungstechnik die Übersteuerungsfestigkeit der Aufzeichnungsstufe [4].

Das Entzerrernetzwerk liegt in dieser Schaltung zwischen dem Emitter von T_6 und dem Emitter von T_3. Das Netzwerk ist für eine Bandgeschwindigkeit von 19,05 cm/s ausgelegt. Es läßt sich jedoch ohne größeren Schaltungsaufwand für 9,5 cm/s Bandgeschwindigkeit umdimensionieren.

Der Anschluß 3 führt zum A-W-Schalter. Über den Anschluß 2 wird der Vormagnetisierungsstrom dem Aufzeichnungskopf zugeführt. Um das Eindringen von HF-Spannung in den Verstärker zu verhindern, wird ein Parallelschwingkreis, bestehend aus C_{18} und L_1, in die Schaltung eingefügt, der auf die Frequenz des Löschgenerators abgestimmt ist. Seine Dimensionierung richtet sich nach der gewählten Generatorfrequenz. L_1 ist eine Spule, deren Induktivität zwischen etwa 20 mH und 150 mH liegen sollte (Richtwert). Der erforderliche Kondensator C_{18} errechnet sich bei bekannter Induktivität L_1 nach:

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L_1}$$

Der Kondensator C_{18} wird durch die Parallelschaltung eines Festkondensators mit einem Trimmkondensator gebildet. Der Trimmkondensator sollte dabei so groß gewählt werden, daß sich der Nullpegel, gemessen zwischen L_1 und C_{16}, mit einem Oszillografen einstellen läßt.

Beispiel:

Die Oszillatorfrequenz sei mit 60 kHz festgelegt. Zur Verfügung steht eine Spule mit dem Wert 50 mH. Gesucht wird C_{18}:

$$C_{18} = \frac{1}{(2 \cdot 3{,}14 \cdot 60 \cdot 10^3\ \mathrm{Hz})^2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{H}} = 140\,\mathrm{pF}$$

C_{18} wird aus der Parallelschaltung von 120 pF und einem Trimmkondensator von 50 pF gebildet. Ohne Eingangssignal wird nun bei angeschlossenem Löschgenerator der Trimmkondensator so eingestellt, daß zwischen L_1 und C_{16} die geringste HF-Spannung gemessen wird.
Die Messung kann mit einem HF-Voltmeter oder einem geeigneten Oszillografen durchgeführt werden. Der Eingangsspannungsbedarf des Aufzeichnungsverstärkers liegt bei etwa 1 mV für die Mikrofonbuchse (Bu 1) und bei 50 mV für die Rundfunkbuchse (Bu 2). Die Betriebsspannung beträgt auch hier 7,5 V.
Bild 4 zeigt schließlich noch die Schaltung eines Aufzeichnungsverstärkers, der für eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/s ausgelegt ist. Diese Schaltung ist relativ einfach und weist keine Besonderheiten auf. Der Eingangswiderstand ist sehr niederohmig und beträgt bei einer Eingangsspannung von 0,1 mV etwa 1,6 kΩ. Die Vorstufe des Verstärkers ist mit dem rauscharmen Transistor *SC 207d* bestückt. Dieser Stufe folgt der Pegelregler P. Das Entzerrernetzwerk liegt in dieser Schaltung zwischen dem Kollektor der dritten und dem Emitter der zweiten Verstärkerstufe. Beide Stufen sind mit je einem *SC 206c* bestückt. Die letzte Stufe ist wiederum mit

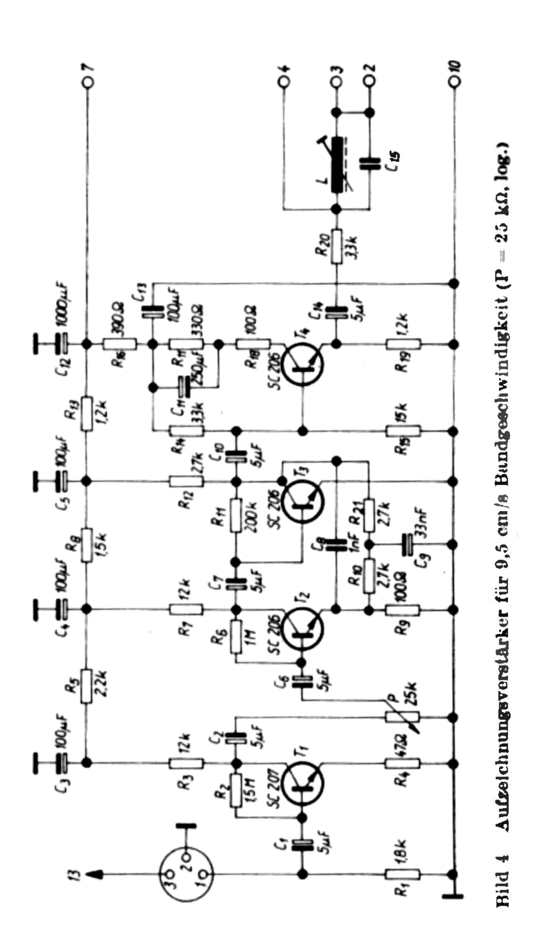


Bild 4 **Aufzeichnungsverstärker für 9,5 cm/s Bandgeschwindigkeit (P = 25 kΩ, log.)**

einem *SC 206c* bestückt und arbeitet in Emitterschaltung. Am Emitter dieses Transistors wird über C_{14} der Aufzeichnungsstrom ausgekoppelt. Der Widerstand R_{20} dient auch hier der Linearisierung des Aufzeichnungsstroms. Für die Festlegung von L und C_{15} gilt das bereits Gesagte.
Die Betriebsspannung beträgt 7,5 V.

4. Wiedergabeverstärker

In diesem Abschnitt sollen einige Schaltungen von Wiedergabeverstärkern vorgestellt werden, die sich für die Bestückung des Geräts eignen.

Bild 5 zeigt die Schaltung eines Wiedergabeverstärkers für eine Bandgeschwindigkeit von 4,7 cm/s. Hinsichtlich Transistorbestückung und Schaltungskonzeption entspricht diese Schaltung dem in Bild 2 dargestellten Aufzeichnungsverstärker. In dieser Schaltung entfällt jedoch das Potentiometer P. Der Wiedergabepegel wird vor dem Endverstärker geregelt. Die Wiedergabeentzerrung erfolgt hier wieder zwischen dem Emitter von T_4 und dem Emitter von T_2. Die Betriebsspannung beträgt 7,5 V.

Die in Bild 6 gezeigte Schaltung eines Wiedergabeverstärkers

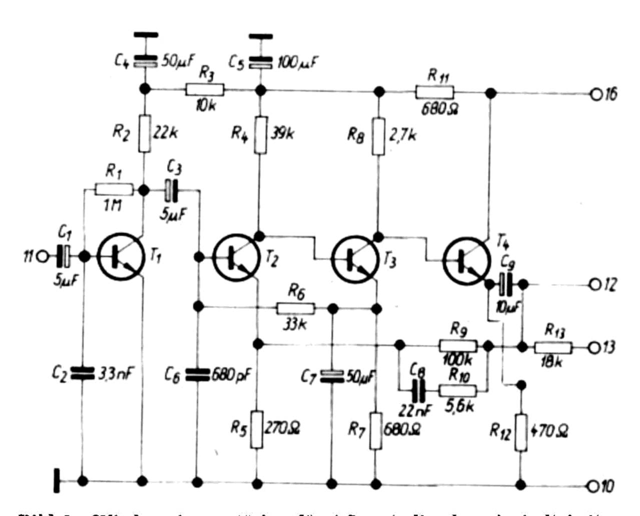


Bild 5 Wiedergabeverstärker für 4,7 cm/s Bandgeschwindigkeit

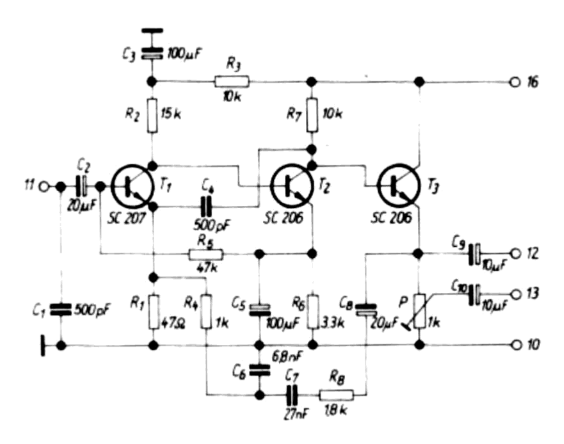


Bild 6 Wiedergabeverstärker für 19,05 cm/s Bandgeschwindigkeit

ist für eine Bandgeschwindigkeit von 19,05 cm/s ausgelegt. Das Wiedergabeentzerrernetzwerk ist hier zwischen dem Emitter des letzten Transistors und dem Emitter des ersten Transistors angeordnet. Es läßt sich leicht für eine andere Bandgeschwindigkeit umdimensionieren.
Am Potentiometer P wird der Wiedergabepegel für die NF-Ausgangsbuchse des Geräts fest eingestellt. Dieser Verstärker läßt sich vorteilhaft in Verbindung mit dem Aufzeichnungsverstärker gemäß Bild 3 einsetzen. Die Batteriespannung beträgt auch hier 7,5 V.
Die Wiedergabeverstärkerschaltung nach Bild 7 ist für eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/s dimensioniert. Die Transistorenbestückung entspricht der Schaltung des Aufzeichnungsverstärkers gemäß Bild 4. Zu beachten ist bei dieser Schaltung, daß hier die Ausgangsspannung hinter der ersten Verstärkerstufe eingestellt wird. Durch diese Anordnung des Spannungsreglers wird neben dem Pegel für die folgende Endstufe auch gleichzeitig der Pegel für den NF-Ausgang des Geräts mitgeregelt. Die Entzerrerschaltung ist hier zwischen dem Kollektor des dritten Transistors und dem Emitter des

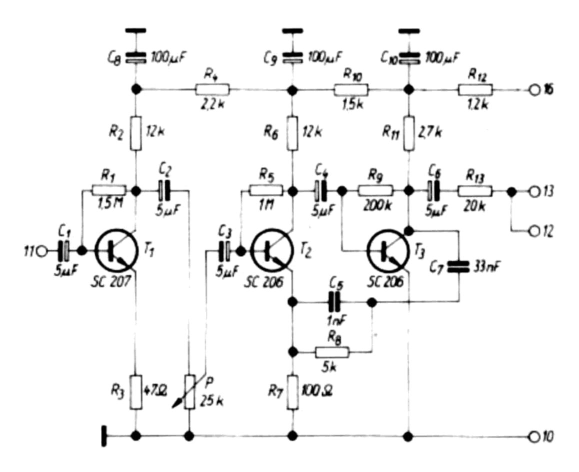


Bild 7 Wiedergabeverstärker für 9,5 cm/s Bandgeschwindigkeit

zweiten Transistors angeordnet. Die Betriebsspannung beträgt 7,5 V.

Der Vollständigkeit halber soll noch auf die Möglichkeit hingewiesen werden, einen industriell gefertigten Wiedergabeverstärker in das Bandgerät einzusetzen. Es handelt sich dabei um den preiswerten Abhörverstärker *AZZ 941* der Firma Tesla, der im Handel erhältlich ist. Bild 8 zeigt die Schaltung dieses Verstärkers, der in der Literatur schon mehrmals besprochen wurde [6], [7], [8].

Zu den Abschnitten 3. und 4. sind noch einige Bemerkungen notwendig. Wenn der Aufbau der Schaltungen erfolgreich verlaufen soll, sei darauf hingewiesen, daß die Werte der Bauelemente nur Richtwerte sind, die im konkreten Einzelfall noch erheblich von den angegebenen Werten abweichen können. Dieser Umstand hängt einmal von der Streuung der Bauelemente gegenüber den angegebenen Werten und zum anderen von der tatsächlichen Verstärkung der verwendeten Transistoren ab. Bei richtiger Arbeitspunkteinstellung lassen sich die angegebenen Transistoren auch durch die Typen

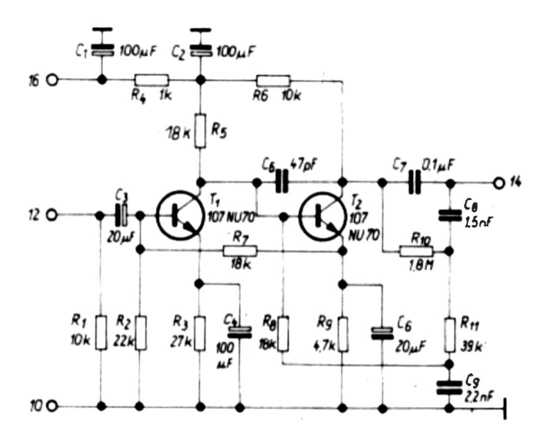


Bild 8 Universeller Wiedergabeverstärker *AZZ 941* von Tesla
(R_3 nicht 27 kΩ, sondern 2,7 kΩ)

SF 121 . . . 128 und *SF 131 . . . 137* ersetzen. Selbstverständlich sind dann die Widerstandswerte entsprechend zu ändern. Die angegebenen Schaltungen sind deshalb keinesfalls als starre Arbeitsdogmen zu betrachten. Sie sollen vielmehr dazu dienen, eigene Vorstellungen unter Auswertung der vorliegenden Schaltungen zu realisieren. Es sollte auch beim Aufbau des Geräts nicht auf bewährte Literaturhinweise verzichtet werden.

Deshalb noch einige Literaturangaben: [9], [10], [11], [12], [13], [14].

5. Löschgenerator

Bei der Konzeption des Löschgenerators sind einige Dinge zu beachten:

— Der Löschgenerator soll möglichst einen kleinen Leistungsbedarf haben, was besonders bei batteriebetriebenen Bandgeräten sehr wichtig ist. Es muß also ein hoher Wirkungsgrad angestrebt werden.
  Weiterhin soll das Verhältnis der Leerlaufgüte zur Betriebsgüte des Schwingkreises (W 1/C 1, C 2) möglichst groß sein.

— Der Klirrfaktor des Generators soll minimal sein, was sich jedoch nur mit einer hohen Betriebsgüte des Schwingkreises verwirklichen läßt.

— Der Generator soll nach Möglichkeit wenig Platz einnehmen, was eine kleine Schwingkreisspule voraussetzt. Eine kleine Schwingkreisspule verringert jedoch wieder die Schwingkreisgüte.

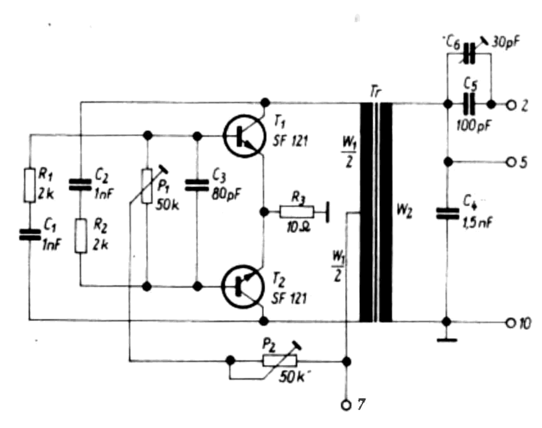


Bild 9 HF-Löschgenerator mit Siliziumtransistoren (P_1, P_2 = 50 kΩ, lin.)

Die hier aufgezählten Forderungen widersprechen sich aber zum Teil sehr stark, so daß bei der Dimensionierung des Löschgenerators einige Kompromisse notwendig werden. Für die Schaltung soll eine Gegentaktschaltung bevorzugt werden, da diese eine oberwellenarme Sinusspannung abgibt.
Bild 9 zeigt die Schaltung eines Gegentaktgenerators, der auf einer Frequenz von 85 kHz schwingt und mit 2 Siliziumtransistoren *SF 121* bestückt ist. Der Anschluß 5 verbindet über Schalter S_{1b} die Löschkopfwicklungen mit dem Generator. Anschluß 2 führt zum Aufzeichnungsverstärker. Der Vormagnetisierungsstrom wird mit dem Trimmkondensator C_6 eingestellt. Für den Aufbau des Generators wird ein Ferritschalenkern mit einem A_L-Wert von 630 nH/w² verwendet.

Kernmaße: 26 × 16

Wicklungen: $w_1 = 2 \times 4$ Windungen
$w_2 = 75$ Windungen

Die in Bild 10 gezeigte Schaltung ist mit 2 Germaniumtransistoren bestückt. Es handelt sich hier um den Typ *GC 301*. Der Löschgenerator schwingt auf einer Frequenz von etwa 80 kHz. Ansonsten entspricht diese Schaltung weit-

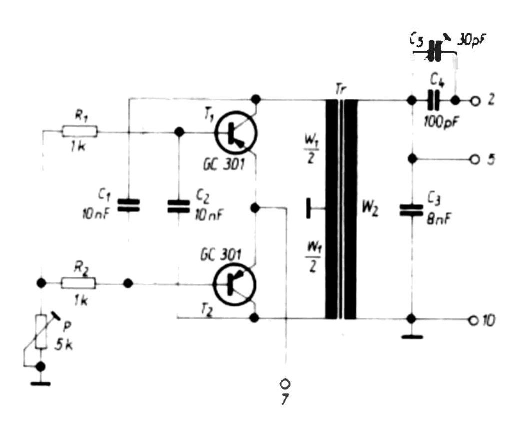


Bild 10 HF-Löschgenerator mit Germaniumtransistoren

gehend der nach Bild 9. Es wird hier ein Ferritschalenkern mit einem A_L-Wert von 2000 nH/w^2 eingesetzt.

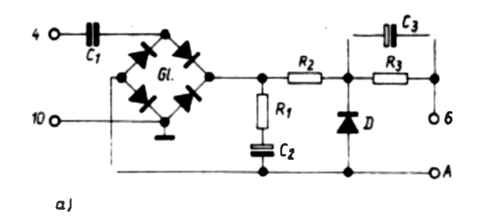
Kernmaße: 23 × 17

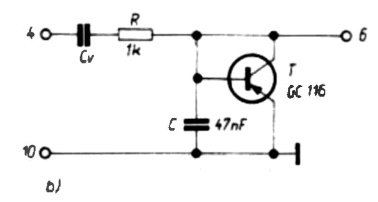
Wicklungen: $w_1 = 2 \times 5$ Windungen
$w_2 = 60$ Windungen

In beiden Schaltungen wird für w_1 0,6 CuL und für w_2 0,4 CuL verwendet. Die Schaltung nach Bild 10 wurde besonders für den Löschkopf *L 2 Q 11* entwickelt [11].

6. Pegelanzeige

Zur Anzeige des Aufnahmespannungspegels lassen sich verschiedene Indikatoren einsetzen. Der von röhrenbestückten Geräten her gewohnte Einsatz von Anzeigeröhren ist bei Batteriegeräten unwirtschaftlich, obwohl es grundsätzlich möglich wäre, die notwendige Anodenspannung mit einem Transverter zu erzeugen.
Mitunter wurde früher als Anzeigeröhre der Typ *DM 70* bzw. *DM 71* eingesetzt. Diese Röhre benötigt einen sehr kleinen Heizstrom und eine sehr niedrige Heizspannung, so daß sie in batteriebetriebenen Geräten eingesetzt werden könnte. Der Anodenstrom für diese Röhre kann dabei dem Löschgenerator entnommen werden. Diese Methode ist jedoch wenig elegant. Außerdem werden diese Röhrentypen in der DDR nicht mehr gefertigt.
Es sind weiterhin Glühlampenschaltungen bekannt, die sich recht gut für diesen Verwendungszweck eignen und sogar bei industriell hergestellten Geräten eingesetzt werden. Der Aufwand für diese Schaltungen ist jedoch relativ groß, so daß die Kosten hierfür fast so hoch liegen wie beim Einsatz eines kleinen Drehspulinstruments.
Bild 11 zeigt 3 verschiedene Schaltungen für die Pegelanzeige. Verwendet man die Schaltung nach Bild 11a, so wird das betreffende Instrument zwischen den Anschluß 6 und A geschaltet. In diesem Fall ist es nicht möglich, im Rahmen der vorliegenden Gerätekonzeption das Instrument bei der Wiedergabe als Spannungsmesser einzusetzen. Die Schaltung ist gleichstromfrei an den vorgeschalteten Aufzeichnungsverstärker anzuschließen. Je nach verwendetem Verstärker kann es deshalb notwendig sein, den Kondensator C_V vorzuschalten. Da der Meßkreis hochohmig ausgebildet werden muß, muß auch das Instrument sehr empfindlich sein. Die Kombination R_3 und C_3 bestimmt die Ansprechzeitkonstante. Die Diode D bildet zusammen mit R_2 einen





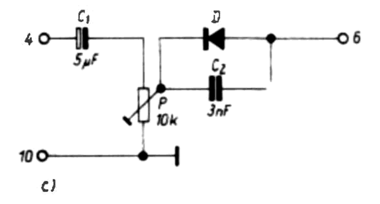


Bild 11 3 Schaltungen zur Pegelanzeige; a — mit Gleichrichterbrücke; b — mit Transistor; c — mit nur einer Gleichrichterdiode

amplitudenabhängigen Gesamtwiderstand, so daß die Anzeige verzerrt wird. Auf diese Weise kann man auch kleinere Pegelwerte noch einwandfrei am Instrument ablesen. Der Kondensator C_2 dämpft den Instrumentenzeigerrücklauf. Damit die Gleichrichterbrücke nicht allzusehr belastet wird, ist dem Kondensator C_2 noch der Widerstand R_1 vorgeschaltet. Richtwerte für die einzelnen Bauelemente:
$R_1 \approx 1\,k\Omega$; $R_2 \approx 5\,k\Omega$; $R_3 \approx 20\,k\Omega$; $C_2 = 25\,\mu F$;
$C_3 = 10\,\mu F$; D = *GA 103*; Drehspulinstrument,
25 μA Vollausschlag.

Tritt bei der Dimensionierung eine zu große Belastung der Endstufe des Aufzeichnungsverstärkers auf, was kaum der Fall sein wird, so ist zwischen die Endstufe und die Anzeigeschaltung ein Transistor zu schalten.
Eine praktisch erprobte einfache Schaltung ist in Bild 11b zu sehen. Diese Art der Pegelanzeige wird im Kassettengerät *KT 100* eingesetzt, sie ist denkbar einfach ausgelegt. Die Gleichrichtung der NF-Spannung wird mit einem als Diode geschalteten Transistor *(GC 116)* vorgenommen. Selbstverständlich läßt sich an Stelle des Transistors auch eine Diode *(GA 103)* einsetzen. Dabei muß allerdings R etwas anders dimensioniert werden.
Für das Instrument eignet sich, mit Ausnahme von Schaltung a), ein Indikatorinstrument kleiner Bauform mit einem Meßbereich von etwa 0,1 bis 0,5 mA. Auch hier gelten die angegebenen Werte nur als Richtwerte, da die Dimensionierung weitgehend von der vorgeschalteten Endstufe des Aufzeichnungsverstärkers und vom verwendeten Instrument abhängig ist.

7. Klangregelstufe

Über die Zweckmäßigkeit von Klangregelstufen in NF-Anlagen ist in der einschlägigen Fachliteratur schon vielfach berichtet worden. Fest steht, daß sich der akustische Eindruck einer Musikdarbietung mit Hilfe von derartigen Klangregelstufen persönlichen Wünschen anpassen läßt.
Wird eine derartige Klangregelstufe, deren Schaltungsvor-

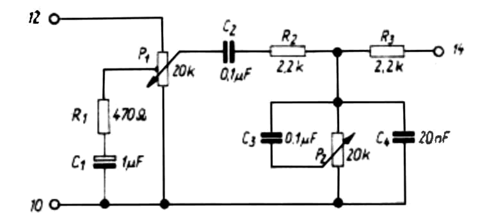


Bild 12 Einfache Klangregelschaltung

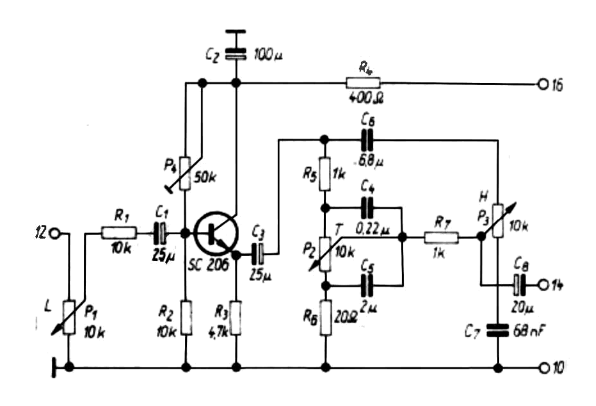


Bild 13 Klangregelnetzwerk mit Verstärkerstufe

schläge in Bild 12 und Bild 13 dargestellt sind, in die Schaltung eingefügt, so entfällt in der nachgeschalteten Endverstärkerstufe natürlich das Lautstärkepotentiometer.
Bild 12 zeigt eine einfache Klangregelung. P_1 ist das Lautstärkepotentiometer und P_2 die Klangblende. Die Schaltung ist sehr einfach ausgelegt und gestattet lediglich eine Höhendämpfung.
Etwas aufwendiger ist die Schaltung nach Bild 13. Hier lassen sich Höhen und Tiefen getrennt innerhalb eines großen Bereichs regeln. Der Transistor arbeitet in Kollektorschaltung. Durch diese Schaltungsart wird eine Rückwirkung auf die vorgeschaltete Stufe vermieden. Die Klangregelstufe muß von einer relativ niedrigen Quellenimpedanz angesteuert werden; man muß also die Anpassung an den Wiedergabeverstärker beachten.

8. Endverstärker

Für den Endverstärker ist eine moderne Komplementär-endstufe vorgesehen. Entsprechende Komplementär-End-stufentransistoren mittlerer Leistung sind im Handel erhältlich. Bild 14 zeigt eine Schaltung, die mit dem Typ *SF 126* in der Treiberstufe und mit den Komplementärtypen *GC 511* und *GC 521* in der Endstufe bestückt ist. Die eisenlose Endstufe liefert in dieser Schaltung eine Ausgangsleistung von 1 W an 4 Ω. Die Endstufentransistoren müssen in beiden Schaltungen auf Kühlblechen montiert werden.
Es sei kurz auf die Vorteile dieser Schaltungstechnik hingewiesen. Durch die Bestückung des gesamten Verstärkers (bis auf die Endstufe) mit Siliziumtransistoren ergeben sich sehr geringe Restströme, so daß die Stufen galvanisch gekoppelt werden können. Dadurch verringern sich der Aufwand an Bauelementen und das benötigte Volumen für den Verstärker. So war es zum Beispiel möglich, die Schaltung nach Bild 14, ohne P_1, auf einer Leiterplatte von nur 4,5 cm × 5,5 cm unterzubringen.

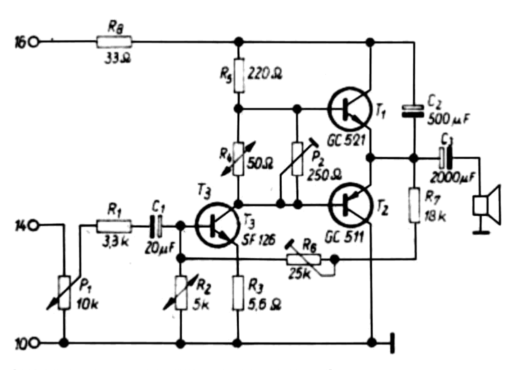


Bild 14 NF-Verstärker, Variante I

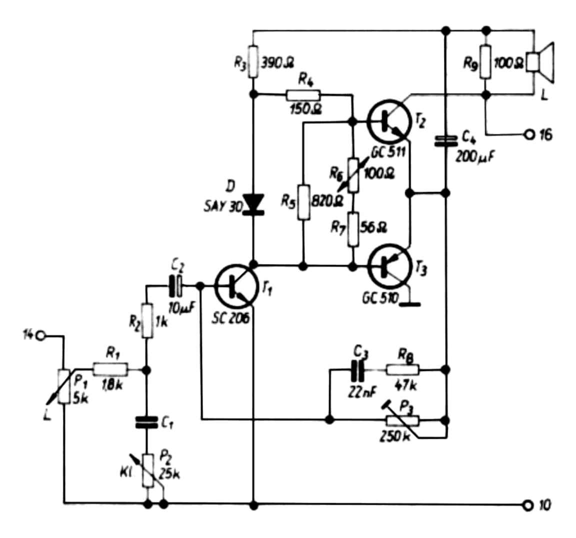


Bild 15 NF-Verstärker, Variante II

In der Schaltung nach Bild 15 ist die Aussteuerbarkeit des Treibertransistors größer als mit Emitterwiderstand. Dadurch erzielt man eine größere Ausgangsleistung. Da beide Endstufentransistoren symmetrisch ausgesteuert werden, ist die Verlustleistung beider etwa gleich groß. Der Frequenzgang des Verstärkers wird für die tiefen Frequenzen nur durch die beiden Kondensatoren C_2 und C_4 bestimmt. Der Endverstärker nach Bild 15 entspricht dem des Kassettengeräts *KT 100*. Der im Eingang des Verstärkers liegende Klangregler kann natürlich bei Verwendung eines anderen Klangreglers entfallen. Die Ausgangsleistung dieser Schaltung liegt bei etwa 400 mW. Selbstverständlich können die Endstufentransistoren auch aus anderen Typen zusammengestellt werden. So lassen sich mit Erfolg die Paarungen *SF 126* und *GC 301* einsetzen. Steht das Paar *GC 511k* und *GC 521k* zur Verfügung, so läßt sich eine Ausgangsleistung von etwa 2 W bei entsprechender Kühlung der Transistoren erreichen. Auf

die Wirkungsweise dieser Schaltungstechnik, ihre Berechnung und Dimensionierung kann in diesem Rahmen aus Platzgründen nicht näher eingegangen werden. Darüber ist in der entsprechenden Literatur nachzulesen: [15], [16], [17], [18], [19].

9. Motor-Drehzahlstabilisierung

Wie schon eingangs dieser Broschüre festgestellt wurde, stellt der Antrieb des Geräts ein gewisses Kriterium dar. Da HF-geregelte Motoren oder Feldplattenmotoren für Gleichstrombetrieb in der DDR nicht im Handel erhältlich sind, scheidet der Einsatz derartiger, speziell für Magnetbandmaschinen entwickelter Motortypen von vornherein aus. Gelegentlich werden jedoch kleine Gleichstrommotoren angeboten, die über einen Fliehkraftregler verfügen. Es handelt sich dabei meist um Motoren, die in Batterie-Plattenspielern eingesetzt wurden. In der letzten Zeit bietet jedoch der Handel gelegentlich den Antriebsmotor des Bandgeräts *Uran* an. Dieser Motor wurde bei der Konstruktion unseres Geräts nicht berücksichtigt. Erstens ist dieser Motor sehr teuer. Zweitens ist auf die Achse des Motors ein gummibelegtes Stufenrad aufgezogen. Beim Einsatz des Motors müßte dieser horizontal angeordnet werden, und die Schwungmasse müßte mit dem genannten Gummirad angetrieben werden. Eine derartige Lösung ist für den Selbstbau eines Bandgeräts jedoch viel zu aufwendig. Außerdem müßte mit der Motorabschaltung auch der Motor von der Schwungmasse abgeschwenkt werden, sonst kann es später zu Rumpelerscheinungen kommen. Die Stufenscheibe vom Motor zu entfernen, um diesen eventuell mit einer Riemenscheibe zu versehen, scheidet ebenfalls aus, da bei diesem Umbau die dünne Motorachse sehr leicht verbogen werden kann. Der Motor wird dann wertlos.
Es wurde deshalb versucht, das Gerät mit einem handelsüblichen Gleichstromkleinmotor anzutreiben und die Drehzahl elektronisch zu stabilisieren. Elektronische Stabilisierungsschaltungen wurden in der Literatur bereits veröffentlicht.
In [20] wird eine etwas aufwendige Schaltung beschrieben, die sich ebenso wie die in [21] beschriebene Schaltung praktisch gut bewährt hat. Allerdings sind hier beim Nachbau einige

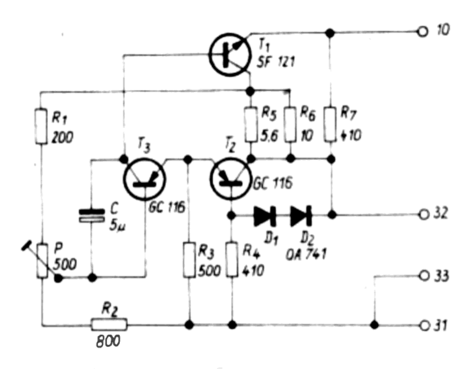


Bild 16 Elektronische Drehzahlregelung des Motors

Arbeitswiderstände entsprechend den Motordaten zu verändern. Eine sehr gut regelnde Schaltung ist die in Bild 16. Sie wird mit etwas anderen Widerstandswerten im Kassettengerät *KD 100* eingesetzt. Vom Handel werden eine Vielzahl von Gleichstromkleinmotoren angeboten, die sich jedoch aufgrund ihres konstruktiven Aufbaus nicht alle gleichermaßen für den Antrieb eines Bandgeräts eignen. An den Antriebsmotor sind deshalb nachstehende Forderungen zu stellen:

— kleine Bauweise
— großer Wirkungsgrad
— geräuscharmer Lauf
— möglichst vielpolig

Im Mustergerät wurde ein ungarischer Kleinmotor verwendet, der für Spielzeugantriebe mit verschiedenen Drehzahlen und Betriebsspannungen vom Handel angeboten wird. Die technischen Daten des Motors sind:

Betriebsspannung: 5 V Drehzahl: 4800 U/min
Lagerung: Schrumpfbronze, selbstschmierend
Magnete: 2 Barium-Ferrit-Segmente
Rotor: 3 Polpaare
Bürsten: Kupfer-Graphit, in der neutralen Zone verstellbar
Lebensdauer: mindestens 500 Betriebsstunden

Masse: 65 g

Abmessungen: Durchmesser 22 mm

Für die in Bild 16 gezeigte Schaltung haben die Bauelemente folgende Werte:

(T_1 = *SF 121*; T_2 = *GC 116*; T_3 = *GC 116*; D_1 = D_2 = *OA 741* o. ä.)

$R_1 = 200\,\Omega$; $R_2 = 800\,\Omega$; $R_3 = 500\,\Omega$; $R_4 = 410\,\Omega$;
$R_5 = 5{,}6\,\Omega$; $R_6 = 10\,\Omega$; $R_7 = 410\,\Omega$; $P = 500\,\Omega$; $C = 5\,\mu F$.

Der Transistor T_1 arbeitet in der Schaltung als regelbarer Widerstand für den Motor. Die Ansteuerung von T_1 erfolgt durch den Differenzverstärker T_2 und T_3. Die Bezugsspannung für diesen Differenzverstärker fällt über den Dioden D_1 und D_2 ab. In der Originalschaltung des *KT 100* werden Siliziumdioden eingesetzt. Beim praktischen Betrieb der Schaltung mit Germaniumdioden konnten jedoch keine Unregelmäßigkeiten festgestellt werden. Die Nenndrehzahl des Motors wird am Potentiometer P eingestellt. Beim Betrieb mit dem beschriebenen 5-V-Motor ergaben sich folgende Werte in der Schaltung:

— Bei einer Betriebsspannung von 10 V bis herab zu 5 V bleibt die Klemmenspannung über dem Motor konstant 5 V.
— Der Kollektorstrom von T_1 schwankt je nach Belastung zwischen 30 mA und 250 mA.
— Der Spannungsabfall (Bezugsspannung) über $D_1 + D_2$ beträgt 1,8 V.

Selbstverständlich müssen bei einem anderen Motor andere Widerstandswerte für $R_5 \ldots R_7$ eingesetzt werden. Ein Experimentieren mit verschiedenen Werten ist in diesem Fall unerläßlich.

Der Lauf dieser Spielzeugmotoren ist nicht gerade geräuscharm; wie später noch gezeigt wird, lassen sich die Laufgeräusche jedoch in ertragbaren Grenzen halten.

10. Stromversorgung

Wie bereits aus dem vorangegangenem Abschnitt hervorgeht, sollte die Betriebsspannung so groß gewählt werden, daß auch bei sinkender Betriebsspannung die elektronische Motorregelung noch sicher arbeitet. Für industriell gefertigte Geräte wird gefordert, daß bei einem Absinken der Batteriespannung auf 70% des Nennwerts, das Gerät noch einwandfrei arbeitet. Diese Forderung wird auch vom vorliegenden Bandgerät erfüllt, wenn die Betriebsspannung 7,5 V beträgt und dabei ein Antriebsmotor für 5 V eingesetzt wird. Der wirtschaftlichste Betrieb ergibt sich bei Verwendung von 1,5-V-Monozellen, Typ *R 20* (rot oder orange). Es werden 5 Zellen in Reihe geschaltet. Die Stromaufnahme für das Bandgerät hängt natürlich in erster Linie von den Schaltungen der einzelnen Baugruppen ab.

Folgende Stromaufnahmen sind etwa zu erwarten (einschließlich eines Motors mit einer Stromaufnahme von ≈ 100 mA): Wiedergabe mit einer 400-mW-Endstufe und Vollaussteuerung max. 300 mA; Aufnahme: 110 bis 175 mA.

Selbstverständlich sind diese Angaben nur Richtwerte, die weitgehend auch von der Leichtgängigkeit der Laufwerksteile abhängen.

Für automatische Betriebsartumschaltung von Netz auf Batterie soll zunächst eine interessante Variante besprochen werden.

Bild 17 zeigt eine automatische Betriebsartumschaltung, wie sie im Kofferrundfunkempfänger *atlanta de Luxe* von der Firma Telefunken verwendet wird. Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende:

Die Spannungsquelle E liefert im vorliegendem Fall eine Gleichspannung von 7,5 V. Dabei ist die Diode D_2 leitend, hingegen D_1 gesperrt. Wird jedoch das Gerät an die Netzspannung angeschlossen, so entsteht durch Gleichrichtung am Kondensator C eine Gleichspannung, die nahezu doppelt

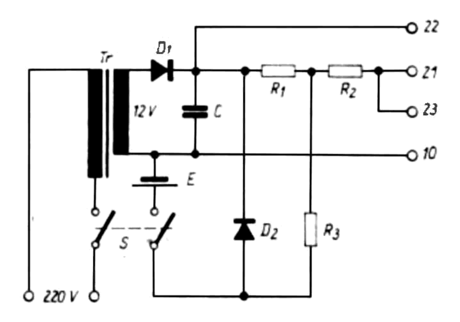


Bild 17 Netzteil mit automatischer Betriebsartumschaltung

so groß ist wie die der Spannungsquelle E. Somit wird D_2 gesperrt. Gleichzeitig wird aber auch die Stromentnahme über E verhindert. Die Widerstände R_1 und R_2 sind nun so zu dimensionieren, daß an den Anschlüssen 21 und 23 die erforderliche Betriebsspannung für die Verstärker zur Verfügung steht. Dabei ist jedoch zu beachten, daß diese Spannung größer sein muß als die Nennspannung 7,5 V bei Batteriebetrieb. Es läßt sich also bei Netzbetrieb mit dieser Schaltung eine höhere Ausgangsleistung erzielen als bei Batteriebetrieb. Dabei sind die zulässigen Kollektorspannungen der in den Verstärkern eingesetzten Transistoren zu beachten.
Das Instrument (Bild 1) zeigt bei Wiedergabe die Betriebsspannung für die Verstärker an. Es muß ebenfalls überprüft werden, ob die Belastung des elektronischen Regelteils für den Motor in den zugelassenen Grenzen bleibt. Beim Batteriebetrieb wird die Betriebsspannung etwas unter 7,5 V liegen, was jedoch vertretbar ist. Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, daß bei Netzbetrieb die Batterien regeneriert werden. Hinter dem Widerstand R_1 stellt sich bei Netzbetrieb eine Spannung von $\approx$ 10 V ein, die einen Strom über den Widerstand R_3 in die Batterien fließen läßt. Durch diese Regenerierung der Batterien wird deren Lebensdauer erheblich verlängert. Die praktische Erprobung der Schaltung ergab eine Lebensdauerverlängerung um den Faktor 1,5.

Das Mustergerät wurde mit einem stabilisierten Stromversorgungsteil gemäß Bild 18 ausgestattet. Die Umschaltung von Batteriebetrieb auf Netzbetrieb kann auch automatisch vorgenommen werden, jedoch mit Hilfe eines Relais. Eine Regenerierung der Batterien wurde nicht vorgesehen. Als Netztransformator wird ein Heiztransformator 220 V/12,6 V eingesetzt. Nach der Gleichrichtung und der Siebung, die sehr reichlich bemessen wurde, steht für den Verstärkertransistor T_1 eine am Potentiometer einstellbare, durch D_5

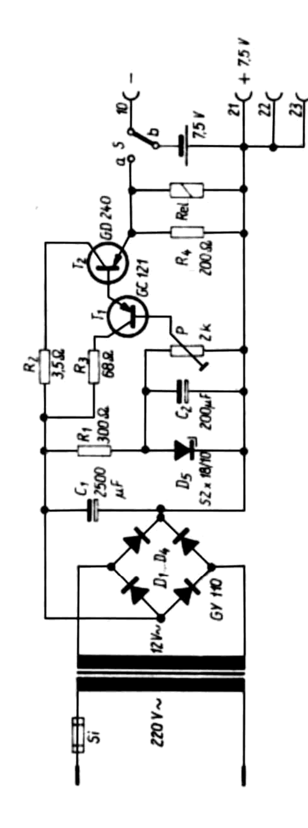


Bild 18 Stromversorgungsteil des Mustergeräts

stabilisierte Basisspannung zur Verfügung. T_1 steuert den Leistungstransistor T_2, an dessen Emitterwiderstand die Betriebsspannung abgegriffen wird. Der Widerstand R_4 muß entsprechend dem verwendeten Leistungstransistor bemessen werden. Parallel zu R_4 liegt die Relaiswicklung, die einen Widerstand von etwa 500 Ω hat. Der Relaisschalter S legt bei stromlosem Netzteil die Batterie an die Geräteschaltung. Wird der Netzteil an das Netz angeschlossen, so schaltet S die Batterie ab und verbindet den Netzteil mit der Geräteschaltung. Die Brummspannung ist so gering, daß sie mit amateurmäßigen Meßmitteln kaum nachweisbar ist. Die Betriebsspannung läßt sich mit P sehr genau einstellen.

11. Mechanischer Aufbau

Die Fotos (Bild 19 und Bild 20) zeigen die Anordnung der Bauelemente und der Baugruppen. In Bild 19 sind die Gruppen auf der Montageplatte und in Bild 20 unterhalb der Montageplatte zu sehen.
In Bild 19 ist an der oberen Kante der Montageplatte die Befestigungsleiste zu erkennen, an der später die Abdeckhaube angeschraubt wird. An der rechten oberen Seite ist der Spurwahlschalter (14) zu sehen. Für ihn wird ein Schiebetastenschalter mit 2 Umschaltkontakten verwendet. Neben diesem Schalter befindet sich in der Montageplatte eine Öffnung, in die der Lautsprecher hineinragt. Der Lautsprecher selbst wird an der Abdeckhaube befestigt. Neben dieser Öffnung ist der Netztransformator (3) versenkt montiert. Links neben dem

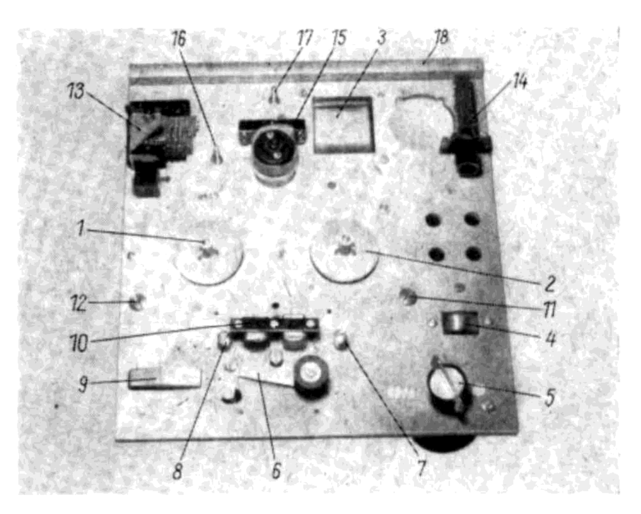


Bild 19 Baugruppen auf der Montageplatte

Transformator liegt die Motorhalterung (15). Der Aufzeichnungs-Wiedergabeschalter befindet sich an der linken Kante der Montageplatte. Für ihn wird ein Leuchttasten-Schiebeschalter verwendet; auf diese Weise ist es möglich (im Muster nicht vorgesehen), optisch den Aufzeichnungsvorgang zu signalisieren. Dies ist allerdings nur bei Netzbetrieb sinnvoll, da bei Batteriebetrieb sonst die Batterien zu stark belastet werden. An den Haltestiften (16) und (17), das sind zwei M3-Schrauben, wird eine Leiterplatte befestigt. Die bisher besprochenen Teile werden später durch eine Abdeckhaube abgedeckt. (1) und (2) sind die beiden Spulenlager mit den Spulentellern. (11) und (12) sind Halteschrauben für die Mechanik des schnellen Vor- und Rücklaufs, und (4) ist das von unten eingesetzte Indikatorinstrument. Für den Bedienungsknopf (5) des Schalters S_3 soll ein kräftiger Knebelknopf verwendet werden. Deutlich ist auch der Andruckhebel (6) mit der Andruckrolle zu erkennen. Die beiden Bandführungsbolzen (7) und (8) sind handelsübliche Teile, wie man

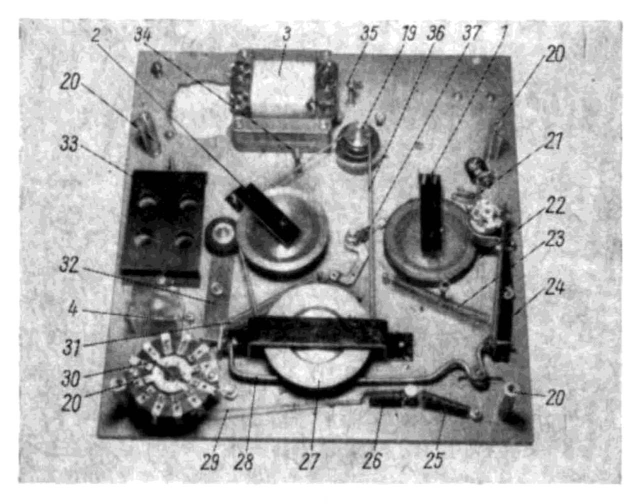


Bild 20 Baugruppen unterhalb der Montageplatte

sie in industriell gefertigten Geräten verwendet (*BG 26*, *KB 100*). Die beiden Köpfe werden mit einer Druckplatte (10) auf der Montageplatte festgedrückt. Die Positionen (6), (7), (8) und (10) werden nach der Endmontage von einer Kappe verdeckt. Mit dem Knebel (9) werden die Funktionen *Schneller Vor- und Rücklauf* geschaltet. In Bild 20 ist das Schnurrad (19) zu erkennen, das über den Antriebsriemen (36) die Schwungmasse des Tonwellenlagers (27) antreibt. Für den Antriebsriemen wird eine im Bandgerät *Uran* eingesetzte Gummipese verwendet. Diese Pese ist im Handel erhältlich. Auf der Montageplatte sind die Stützen (20) aufgeschraubt. Beim schnellen Rücklauf (24) wird der Kontaktfedersatz (21) betätigt, der die Stromversorgung für die Verstärker unterbricht und den Rücklaufmotor an die Betriebsspannung legt. Gesteuert wird der schnelle Rücklauf von der Schubstange (28), die mit dem Knebel verbunden ist. Ebenfalls mit der Schubstange ist die Mechanik des schnellen Vorlaufs (32) verbunden. Die Mittellage nimmt der Knebel beim Normallauf ein. In diesem Fall ziehen die Federn (31) und (23) die Schubstange in eine Mittelstellung, bei der weder der schnelle Vorlauf noch der schnelle Rücklauf wirksam ist. Dabei ist der Kontaktfedersatz (21) in der Ruhestellung und der Kontaktsatz (13) für die Stromversorgung der Verstärker geschlossen. Deutlich ist auch der Drehschalter S_3 (30) zu erkennen. (4) ist die Unteransicht des Indikatorinstruments. Die Feder (26) sorgt für einen kräftigen Andruck der Andruckrolle an die Tonwelle. Die Feder (25) ist für die Rückstellung des Andruckhebels da. Bei den Haltestiften (35), (34) und (22) handelt es sich um M3-Schrauben zur Befestigung der Verstärkerplatinen. Die Reglerplatte (33) nimmt den Regler für den Aufnahmepegel, die Lautstärke- sowie die Hoch- und Tieftonregler auf. Das Dederonseil (29) zieht, verbunden mit S_3, den Andruckhebel an die Tonwelle. Der Bremshebel (37), im Bild etwas anders ausgeführt, als ihn die Zeichnung darstellt, bremst beim Ablauf des Bandes leicht das linke Lager. Gespannt wird der Hebel durch eine schwache Feder, die mit dem schnellen Vorlauf verbunden ist (die Feder läßt sich im Bild neben der Feder (31) erkennen). Beim schnellen Vorlauf erhält diese

Feder etwas mehr Spannung, so daß eine etwas stärkere Bremsung des linken Lagers erfolgt und somit eine Schlaufenbildung des Magnetbandes verhindert wird.
In der nachfolgenden Liste sind die Bezeichnungen der in den Fotos (Bild 19 und Bild 20) zu erkennenden Teile und Baugruppen zusammengestellt. Ebenso lassen sich dieser Zusammenstellung die Bildnummern der Teile sowie die Positionsnummern der Einzelteile und Baugruppen entnehmen.

Nr. in Bild 20 und 19:	Bezeichnung	nochmals dargestellt in Bild	Einzelteil Pos.-Nr.:	Gruppen Pos.-Nr.:
—	Montageplatte	21a und 21b	1	—
1	linkes Spulenlager	22	—	2
2	rechtes Spulenlager	23a und 23b	—	1
3	Transformator		ohne	ohne
4	Instrument		ohne	ohne
5	Bedienungsknopf		ohne	ohne
6	Andruckhebel	29	—	8
7	Führungsbolzen		ohne	ohne
8	Führungsbolzen		ohne	ohne
9	Knebel komplett	28	—	7
10	Druckplatte	30	4	—
11	Schraube	26	—	5
12	Schraube	26	—	5
13	A-W-Schalter		ohne	ohne
14	Spurwahlschalter		ohne	ohne
15	Motorhalterung	25	—	4
16	Haltestift		ohne	ohne
17	Haltestift		ohne	ohne
18	Befestigungsleiste	30	2	—
19	Schnurrad	33	7	—
20	Stütze	30	3	—

Nr. in Bild 20 und 19:	Bezeichnung	nochmals dargestellt in Bild	Einzelteil Pos.-Nr.:	Gruppen Pos.-Nr.:
21	Kontaktfedersatz		ohne	ohne
22	Haltestift		ohne	ohne
23	Feder		ohne	ohne
24	schneller Rücklauf	27	—	6
25	Feder		ohne	ohne
26	Feder		ohne	ohne
27	Tonwellenlager	24b, 24c	—	3
28	Schubstange	33	9	—
29	Dederonseil		ohne	ohne
30	Stufenschalter		ohne	ohne
31	Feder		ohne	ohne
32	schneller Vorlauf	26	—	5
33	Reglerplatte	33	12	—
34	Haltestift		ohne	ohne
35	Haltestift		ohne	ohne
36	Antriebsriemen		ohne	ohne
37	Bremshebel	33	14	—

12. Mechanische Baugruppen und Einzelteile

12.1. Position 1, Montageplatte

Bild 21a zeigt die Zeichnung für die Anfertigung der Montageplatte. Für die konstruktive Gestaltung des Geräts wäre es natürlich auch möglich gewesen, eine Rahmenkonstruktion

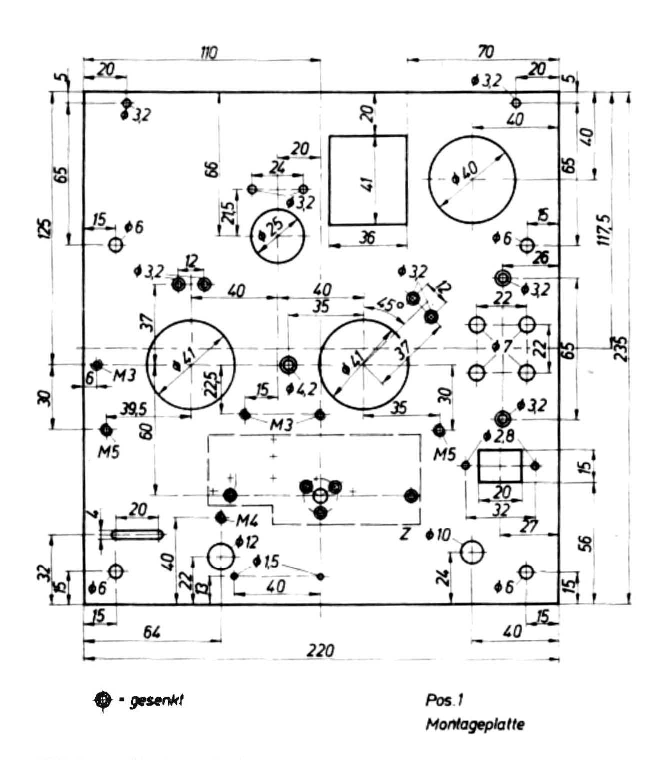


Bild 21a Montageplatte

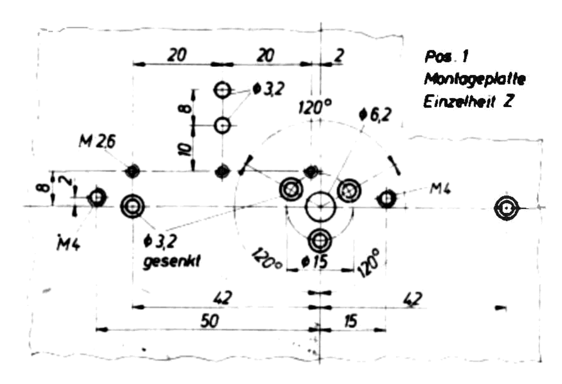


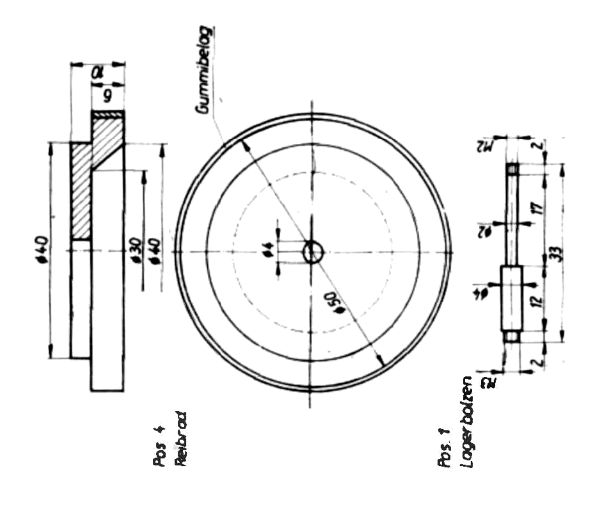
Bild 21b Einzelheit von der Montageplatte

einzusetzen, wie sie heute bei industriell gefertigten Geräten zum überwiegenden Teil bevorzugt wird. Eine derartige Rahmenkonstruktion läßt sich jedoch vom Amateur weit schwieriger herstellen als eine Platine, die sämtliche Baugruppen aufnimmt.

Die Montageplatte besteht aus 4 mm dickem Aluminium. Es ist möglichst hartes Material einzusetzen. 4 mm erscheinen zunächst etwas sehr stark. Man bedenke jedoch, daß in der Platte viele große Durchbrüche und Bohrungen sind, die die Stabilität der Montageplatte beeinflussen. Alle Maßangaben sind genau einzuhalten. Um die Übersichtlichkeit der Zeichnung zu wahren, wurden einige Bohrungen und Bemaßungen um das Tonwellenlager herum in Bild 21a nicht eingetragen, sondern in Bild 21b getrennt dargestellt. Diese Abmessungen sind besonders streng einzuhalten.

12.2. Baugruppe 1, linkes Spulenlager

In Bild 22 sind die Montagezeichnung des linken Spulenlagers sowie die Einzelteilzeichnungen zu dieser Gruppe zu sehen.



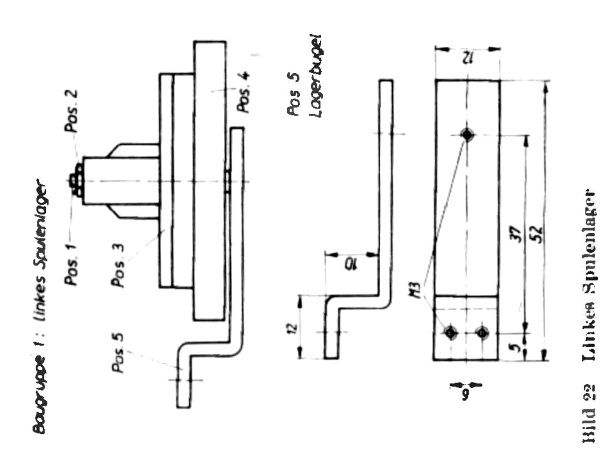


Bild 22 Linkes Spulenlager

Die Gruppe besteht aus:
Pos. 1 Lagerbolzen, Rundstahl 4 mm
Pos. 2 Sechskantmutter, M2, Stahl
Pos. 3 Spulenteller, Fertigteil

Pos. 4 Reibrad, Kunststoff
Pos. 5 Lagerbügel, Flachstahl 2 mm × 12 mm

Bei der Fertigung dieser Gruppe wird auf einen industriell hergestellten Spulenteller zurückgegriffen. Im Muster wurde ein Spulenteller des Geräts *BG 19* verwendet. Der gleiche Tellertyp wird auch für das rechte Spulenlager eingesetzt. Es eignen sich natürlich auch Spulenteller von anderen Gerätetypen. Zunächst wird die Originalbohrung des Spulentellers mit Messing ausgebuchst. Anschließend wird eine 2-mm-Bohrung für den Lagerstift eingebracht. Pos. 1 soll im Lager leicht laufen. Der Durchmesser des Spulentellers wird dann auf 40 mm abgedreht. Anschließend wird der Spulenteller mit dem Reibrad (Pos. 4) durch 3 um 120° versetzte Nieten verbunden. Der Lagerbolzen (Pos. 1) ist in den Lagerbügel (Pos. 5) einzuschrauben und anschließend leicht zu vernieten. Danach wird der Lagerbolzen etwas eingefettet, das Reibrad aufgeschoben und die M2-Mutter aufgeschraubt. Das Reibrad muß nun leicht, aber nicht klappernd, auf dem Lagerbolzen laufen. Im Muster wurde für das Reibrad *Vinidur* verwendet. Zuletzt wird auf das Reibrad ein Gummibelag aufgebracht. Hier läßt sich sehr gut Fahrradschlauch verwenden. In aufgezogenem Zustand wird der Gummiring sauber um das Rad herum beschnitten. Beim Muster war es nicht notwendig, den Gummi aufzukleben, da er aufgrund seiner Spannung sehr gut auf dem Reibrad hielt. Daß der Fahrradschlauch nicht sonderlich maßhaltig in seinem Materialdurchmesser ist, spielt in diesem Fall keine Rolle, da an seiner Oberfläche lediglich die Achse des Rückspulmotors angreift. Es ist zu beachten, daß die Achse (Pos. 1) genau senkrecht zum Lagerbügel (Pos. 5) steht.

12.3. Baugruppe 2, rechtes Spulenlager

Bild 23a zeigt die Baugruppe rechtes Spulenlager.
Die Einzelteile:
Pos. 1 Lagerbolzen, Rundstahl 4 mm
Pos. 2 Sechskantmutter, M2, Stahl

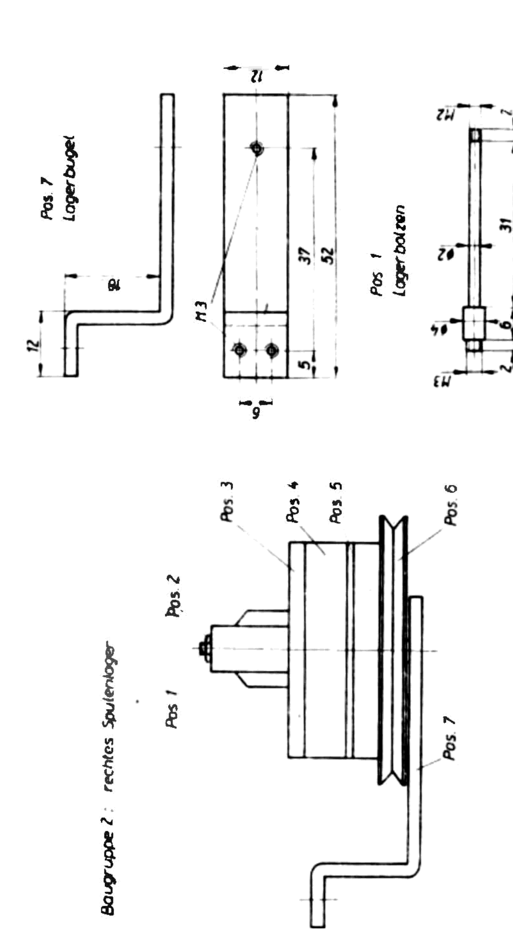


Bild 23a Rechtes Spulenlager

Pos. 3 Spulenteller, Fertigteil
Pos. 4 Rutschkupplung Oberteil, Kunststoff
Pos. 5 Filzring, 1 mm dick
Pos. 6 Rutschkupplung Unterteil, Messing, 50 mm Durchmesser
Pos. 7 Lagerbügel, Flachstahl 2 mm × 12 mm

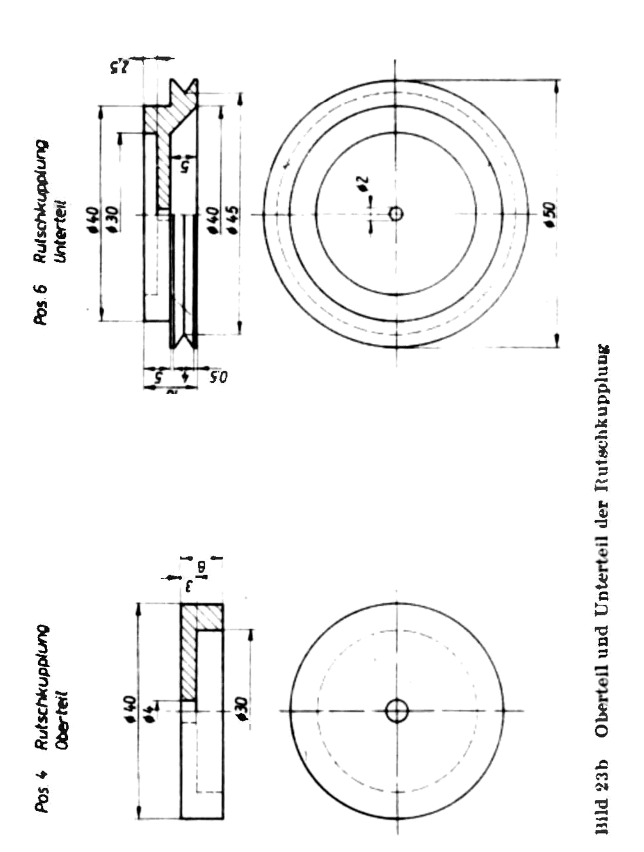


Bild 23b Oberteil und Unterteil der Rutschkupplung

Was über die Anfertigung des linken Spulenlagers gesagt wurde, gilt auch sinngemäß für das rechte Spulenlager. Pos. 4 und Pos. 6 sind in Bild 23b dargestellt. Für die Herstellung sollte Stahl oder besser Messing verwendet werden. Die Unterseite des Rutschkupplungsoberteils wird mit einem Filzring, 1 mm dick, beklebt. Ansonsten gelten die unter 12.2. gegebenen Hinweise.

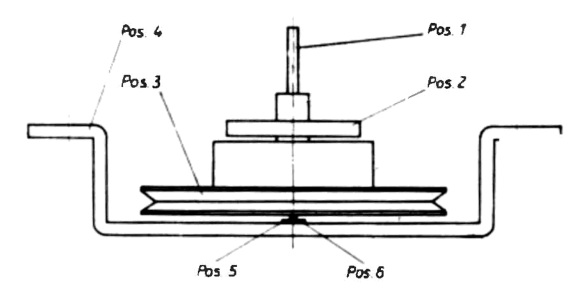


Bild 24a Komplettes Tonwellenlager

12.4. Baugruppe 3, Tonwellenlager

In Bild 24a ist die Baugruppe Tonwellenlager komplett und in Bild 24b und Bild 24c sind die Einzelteile hierzu dargestellt. Die Einzelteile zu dieser Baugruppe müssen mit allergrößter Sorgfalt gefertigt werden.

Die Einzelteile:

Pos. 1 Tonwelle, Silberstahl, 2 mm Durchmesser
Pos. 2 Lager, Messing, 25 mm Durchmesser
Pos. 3 Schwungmasse, Messing, 70 mm Durchmesser
Pos. 4 Lagerbügel, Flachstahl 15 mm × 2 mm
Pos. 5 Stahlkugel, 1,5 mm
Pos. 6 Hartpapier, 5 mm × 5 mm × 0,5 mm

Die Bohrung für die Tonwelle muß unbedingt genau ausgeführt werden. Die Tonwelle darf im Lager kein Spiel haben, soll aber auch nicht zu straff laufen. Ebenfalls mit größter Präzision ist bei der Herstellung der Schwungmasse (Pos. 3) zu verfahren. Dabei ist wichtig, daß die Tonwelle nicht durch die Schwungmasse hindurch geht, sondern nur in diese hineinragt. Für die Halterung der Schwungmasse auf der Tonwelle gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder die Bohrung der Schwungmasse wird so ausgeführt, daß die Tonwelle in die Schwungmasse eingepreßt werden muß, dann können die

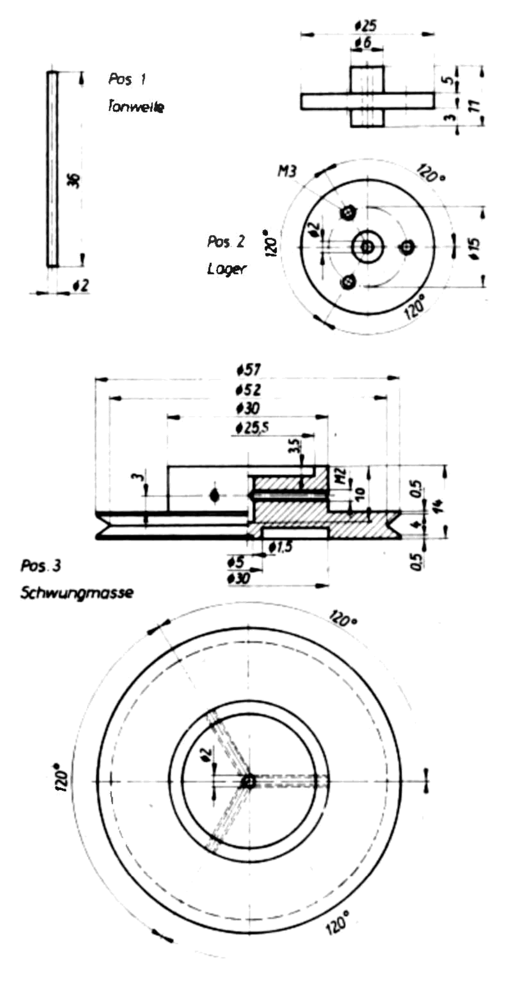


Bild 24b Einzelteile des Tonwellenlagers

Pos 4
Lagerbügel

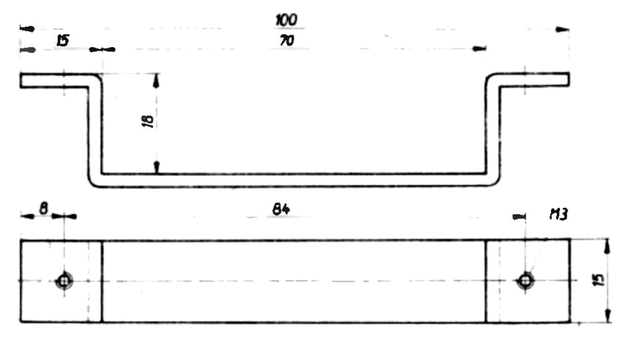


Bild 24c Lagerbügel des Tonwellenlagers

3 M2-Schrauben zur Halterung der Schwungmasse entfallen. Oder die Bohrung wird so ausgeführt, daß sich die Tonwelle gerade noch in die Schwungmasse einschieben läßt. In diesem Fall müssen die 3 M2-Schrauben vorgesehen werden. Wichtig ist, daß Tonwelle und Schwungmasse schlagfrei laufen. Bei nicht exakt homogenem Material der Schwungmasse kann es notwendig werden, diese auszuwuchten. Auf den Lagerbügel (Pos. 4) ist eine kleine Hartpapierscheibe (Pos. 6) mit glatter Oberfläche aufzukleben, auf der nach der Endmontage die Stahlkugel (Pos. 5) läuft. Die Stahlkugel wird in die Schwungmasse eingepreßt. Dazu muß die Bohrung in der Schwungmasse etwas kleiner als 1,5 mm sein. Mit der Sorgfalt und Präzision, mit der diese Baugruppe hergestellt wird, stehen und fallen die Gleichlaufeigenschaften des Geräts.

12.5. Baugruppe 4, Motorhalterung

Bild 25 zeigt die Einzelteile der Baugruppe Motorhalterung. Die Einzelteile:

Pos. 1 Winkel, Aluminiumwinkelprofil, 15 mm × 15 mm × 3 mm

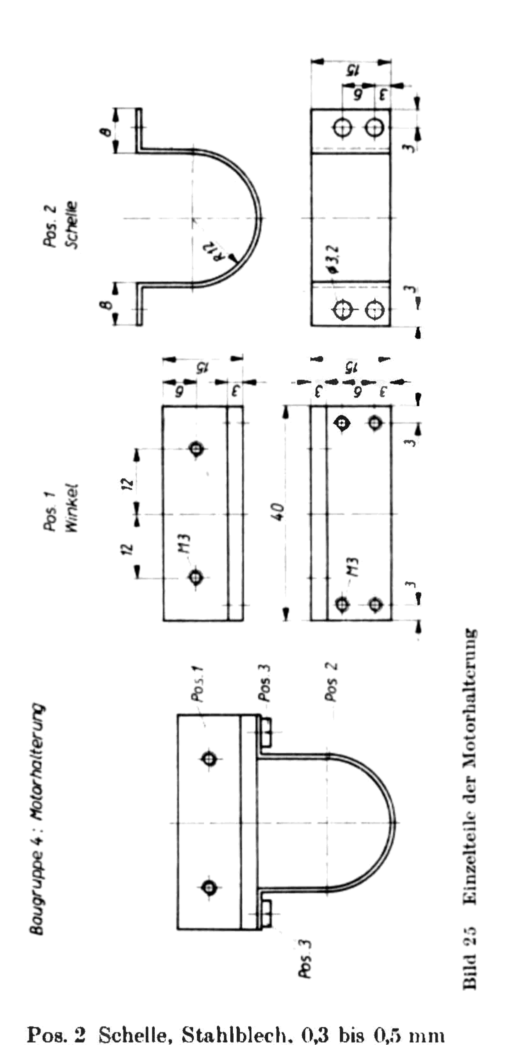


Bild 25 Einzelteile der Motorhalterung

Pos. 2 Schelle, Stahlblech, 0,3 bis 0,5 mm

Pos. 3 Zylinderkopfschraube M3×4, Stahl, 2 Stück

Nach der Anfertigung der Einzelteile wird der Antriebsmotor

unter Zwischenlage von Schaumgummi mit Schelle (Pos. 2) an den Winkel montiert. Die Schaumgummizwischenlage soll die Laufgeräusche des Motors mindern. Wird ein Motor mit einem größeren Durchmesser verwendet, so ist dies bei den Abmessungen von Pos. 2 zu berücksichtigen.

12.6. Baugruppe 5, schneller Vorlauf

Das Prinzip des schnellen Vorlaufs beruht darauf, daß eine Gummirolle an das Ober- und das Unterteil des rechten Spulenlagers gedrückt wird, so daß beide Kupplungsteile über die Gummirolle starr miteinander verbunden werden. Das Kupplungsoberteil dreht sich dann mit der gleichen Geschwindigkeit wie das Kupplungsunterteil.

Die Einzelteile:

Pos. 1 Achse, Rundstahl 5 mm
Pos. 2 Sechskantmutter, M3, Stahl
Pos. 3 Gummirolle, Fertigteil
Pos. 4 Schraube, Rundstahl 10 mm
Pos. 5 Hebel, Stahlblech 2 mm
Pos. 6 Sechskantmutter, M4, Stahl

Für die Gummirolle wird die Andruckrolle des Bandgeräts *Uran* verwendet, die im Handel erhältlich ist. Die Einzelteile dieser Baugruppe sind in Bild 26 dargestellt.

12.7. Baugruppe 6, schneller Rücklauf

Bild 27 zeigt die Baugruppe schneller Rücklauf.
Die Einzelteile:

Pos. 1 Zylinderkopfschraube, M2, 6 × 3, Stahl, 2 Stück
Pos. 2 Schelle, Stahlblech 0,3 bis 0,5 mm
Pos. 3 Hebel, Stahlblech 2 mm

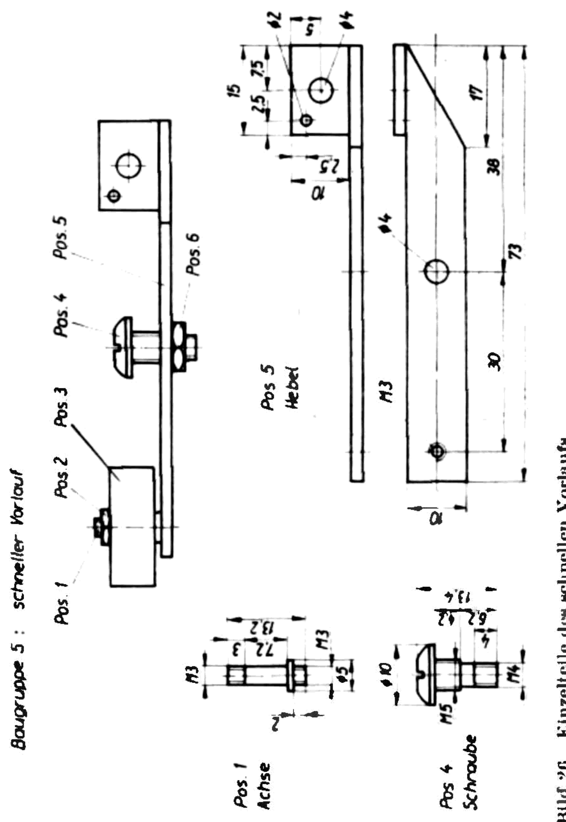
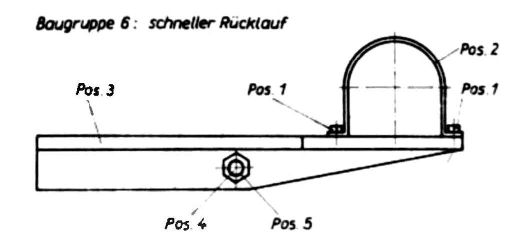


Bild 26 Einzelteile des schnellen Vorlaufs

Pos. 4 Schraube, Rundstahl 10 mm
Pos. 5 Sechskantmutter, M4, Stahl

Für Pos. 4 gelten die in Bild 26 angegebenen Maße. Für den Rückspulmotor wird ein 12-V-Gleichstromkleinmotor, wie er in Picoeisenbahnen verwendet wird, eingesetzt. Verwendet man einen anderen Kleinmotor, so ist dies bei den Abmessungen von Pos. 2 zu berücksichtigen.



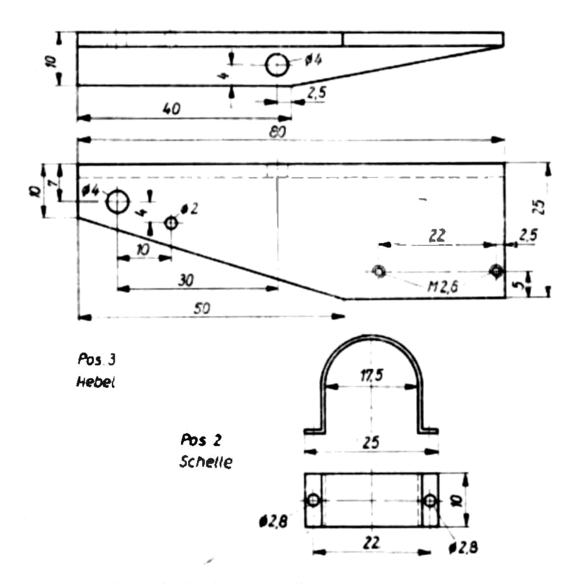


Bild 27 Einzelteile des schnellen Rücklaufs

12.8. Baugruppe 7, Knebel komplett

In Bild 28 ist die Baugruppe Knebel komplett zu sehen.
Die Einzelteile:

Pos. 1 Knebel, Aluminium
Pos. 2 Stift, Vierkantstahl 4 mm × 4 mm

Der Stift wird bei der Montage fest in den Knebel eingeschraubt. Dabei muß die Längsseite des Knebels parallel zu einer der Vierkantflächen des Stiftes stehen. Der Vierkantansatz am Stift muß sich leicht im vorgesehenen Schlitz in der Montageplatte bewegen lassen.

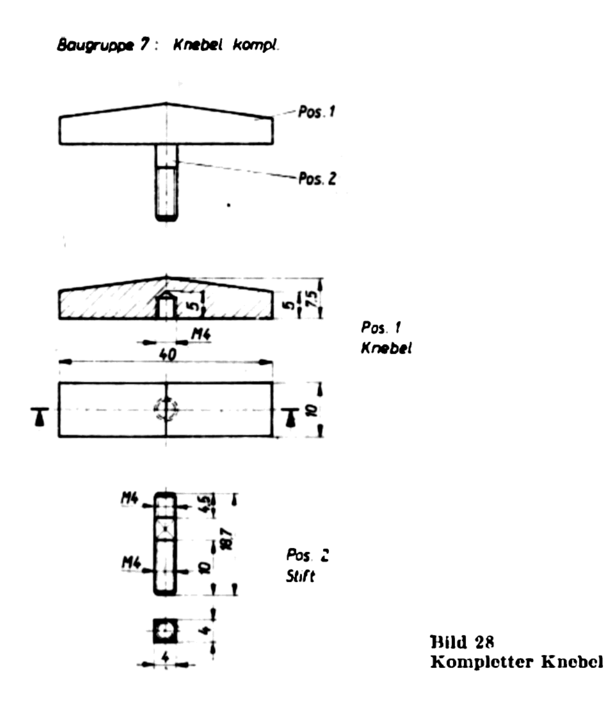


Bild 28
Kompletter Knebel

12.9. Baugruppe 8, Andruckhebel komplett

Bild 29 zeigt die Baugruppe Andruckhebel komplett.
Die Einzelteile:

Pos. 1 Achse, Rundstahl 5 mm
Pos. 2 Sechskantmutter, M3, Stahl
Pos. 3 Andruckrolle, Fertigteil
Pos. 4 Hebel, Stahlblech 2 mm
Pos. 5 Schraube, Rundstahl 8 mm

Bei der Herstellung ist darauf zu achten, daß die Achse

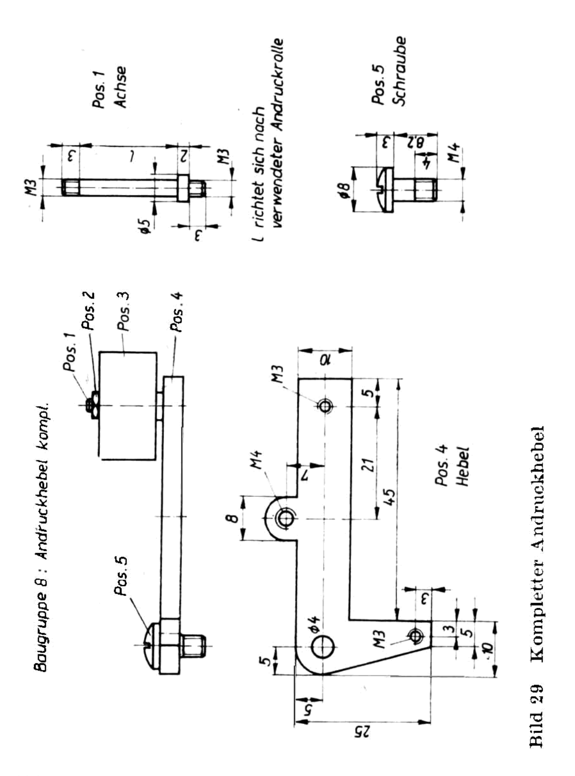


Bild 29 Kompletter Andruckhebel

Seite 65 fehlt

Pos. 2
Befestigungsleiste

alle Gewindelöcher M3

Pos. 3
Stütze

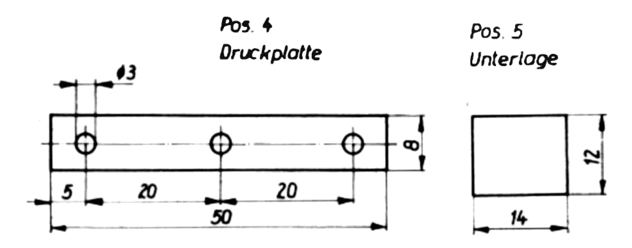


Bild 30 Befestigungsleiste (Pos. 2), Stütze (Pos. 3), Druckplatte (Pos. 4) und Unterlage (Pos. 5)

Pos. 6
Deckplatte

15

8

18

ϕ3,2
gesenkt

30

15

65

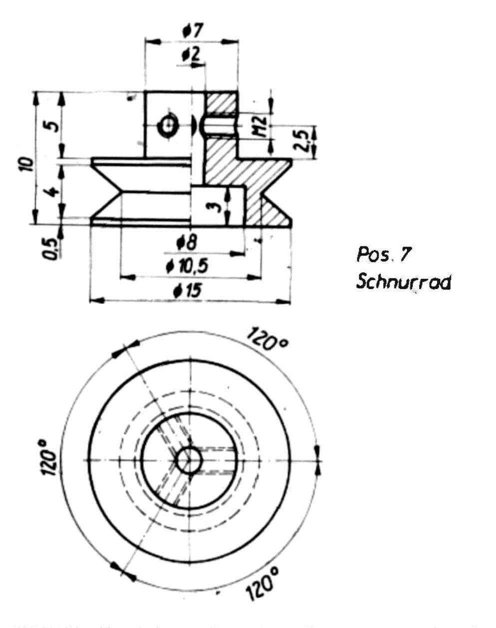


Bild 31 Deckplatte (Pos. 6) und Schnurrad (Pos. 7)

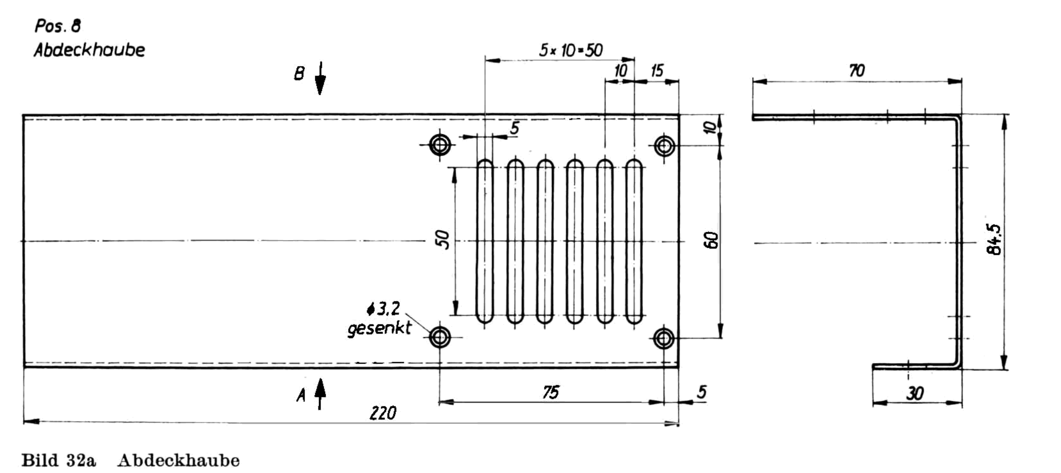


Bild 32a Abdeckhaube

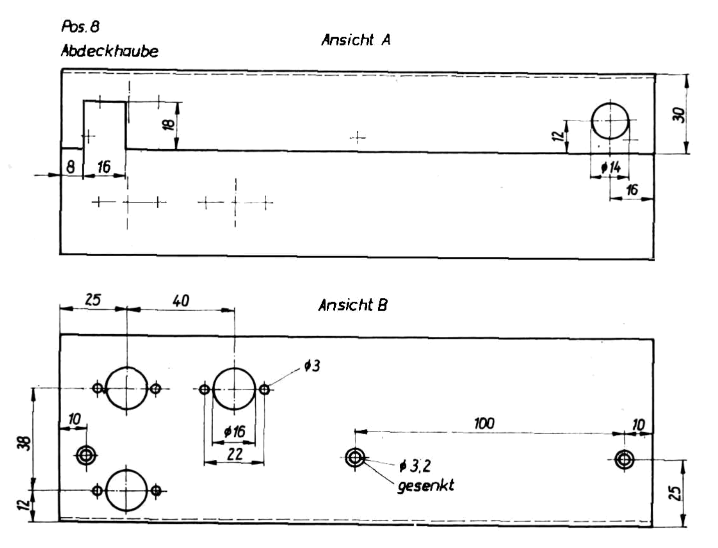
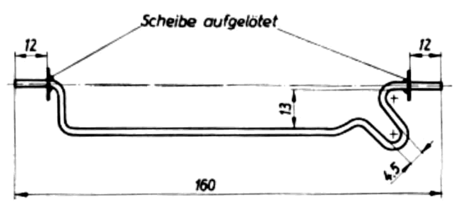
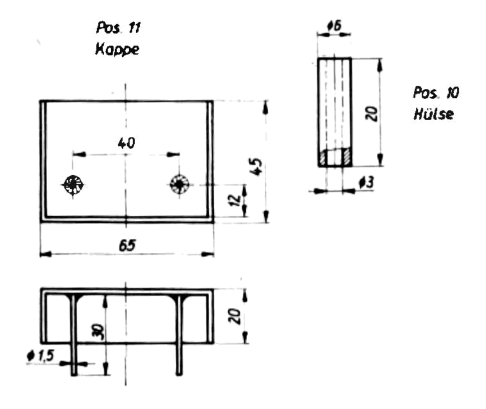
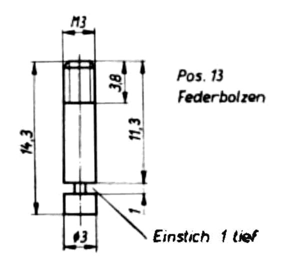
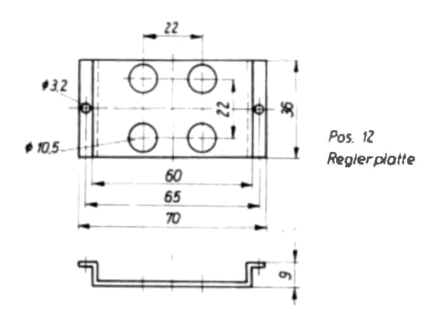


Bild 32b Ansicht A und Ansicht B der Abdeckhaube


Pos. 9
Schubstange
Scheibe aufgelötet
12
12
13
4,5
160
Biegeradien ca. R3


Pos. 11
Kappe
40
45
12
65
20
30
ϕ 1,5
ϕ6
20
ϕ3
Pos. 10
Hülse


M3
3,8
11,3
14,3
1
ϕ3
Pos. 13
Federbolzen
Einstich 1 tief



Pos. 14
Bremshebel

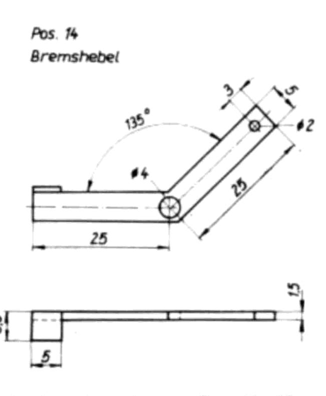


Bild 33 Schubstange (Pos. 9), Kappe (Pos. 11), Hülse (Pos. 10), Federbolzen (Pos. 13), Reglerplatte (Pos. 12) und Bremshebel (Pos. 14)

13. Montage der mechanischen Einzelteile und Baugruppen

Es muß nochmals betont werden, daß nach der Vormontage der Baugruppen alle Achsen in ihren Lagern leicht laufen müssen, um eine unnötige Belastung des Antriebsmotors zu vermeiden. Die Lagerstellen sind deshalb mit etwas *Gustanol* einzuölen. Es ist jedoch darauf zu achten, daß keinesfalls Öl an die Andruckrolle oder an die Kupplungsflächen des rechten Lagers gelangt. Für die Montage noch einige Hinweise (Bild 19 und Bild 20): Das rechte und das linke Lager sind so zu montieren, daß keinesfalls die Drehteile in den Durchbrüchen der Montageplatte schleifen. Für den Schalter S_3 (30) ist ein Typ mit kräftig rastender Stufenschaltung zu verwenden, dessen Rastung die Federkraft der Andruckfeder (26) fangen muß. An der Achse des Schalters ist ein Bügel anzubringen, zwischen dem und der Andruckfeder ein Dederonseil (29) gespannt wird. Dieser Bügel wurde nicht mit gezeichnet. Seine Ausführung wird weitgehend von der Konstruktion des Schalters abhängen. Bei Betätigung des Schalters muß der Andruckhebel folgende Stellungen einnehmen: In Stellung *0 (Aus)* ist der Andruckhebel so weit von der Tonachse entfernt, daß zwischen Andruckrolle und Tonwelle ein Abstand von etwa 10 mm verbleibt. In Stellung *B (Bereitschaft)* ist die Andruckrolle von der Tonwelle noch etwa 2 mm entfernt, und erst in Stellung *S (Start)* drückt die Andruckrolle kräftig an die Tonwelle. In das mittlere M4-Gewindeloch des Andruckhebels ist ein Bandführungsbolzen wie (7) und (8) einzusetzen. Dieser Bandführungsbolzen sorgt für eine einwandfreie Bandführung beim Vorlauf. Für die Feder (26) ist ein geeigneter Typ experimentell zu ermitteln. Feder (25) hat lediglich die Aufgabe, den Andruckhebel zurückzuführen. Der Knebel (9), mit dem der schnelle Vor- und Rücklauf geschaltet wird, muß in der Montageplatte leichtgängig führen. Dieser Knebel wird fest mit der Schubstange (28) verschraubt. Nach der Befestigung des schnellen Vor- und Rücklaufs mit den beiden

Schrauben (11) und (12) müssen sich beide Baugruppen leicht um (11) bzw. (12) drehen lassen.
Danach werden die beiden Federbolzen (im Bild nicht beziffert) in die Montageplatte eingeschraubt und die beiden Federn (23) und (31) eingehängt. Die beiden Federn ziehen die Hebel des schnellen Vorlaufs und Rücklaufs von den Lagern der Spulenteller weg. Begrenzt wird der Weg des Rücklaufs durch eine kleine Schraube (im Bild nicht beziffert, jedoch am rechten Rand von Bild 20 neben dem Rücklaufmotor gut zu erkennen). Der Weg des schnellen Vorlaufs wird durch den Lagerbügel des Tonwellenlagers begrenzt.
In Knebelstellung *Schneller Rücklauf* muß sich die Achse des Rückspulmotors an den Gummibelag des linken Spulentellerunterteils legen und diesen einwandfrei durchdrehen. Der Motor ist zwar für 12 V ausgelegt, er schafft jedoch die Rückspulung des Bandes bei einer Betriebsspannung von 7,5 V einwandfrei (vorausgesetzt, es klemmt kein Lager). Den Federsatz (21) zur Umschaltung der Betriebsspannung (Verstärker-Rückspulmotor) montiert man auf einen kleinen Winkel (ohne Zeichnung) und richtet ihn so ein, daß die Umschaltung dann erfolgt, wenn die Achse des Rückspulmotors noch etwa 1 mm vom Gummibelag des Lagerunterteils entfernt ist. Die Ablaufbremse (37) wird durch eine schwache Feder (im Bild ohne Bezifferung gut neben Feder (31) zu erkennen) mit ihrem Filzbelag an den Gummibelag gedrückt. Betätigt man den schnellen Vorlauf, so wird das Reibrad abgebremst. Auch die Federkraft dieser Feder muß experimentell ermittelt werden. Die Köpfe drückt man ganz einfach mit Platte (10) an die Montageplatte. Eine Vorrichtung zum Eintaumeln der Köpfe wurde wegen der fertigungstechnischen Schwierigkeiten nicht vorgesehen. Der Höhenausgleich wird mit den Unterlagen (33) vorgenommen.
Das senkrechte Einstellen der Kopfspalte nimmt man, wie später noch beschrieben wird, ebenfalls mit Hilfe von Unterlagen vor.

13.1. Einstellen der Kräfte

Außer den Lagerreibungskräften wirken auch noch andere Kräfte, deren Größe beeinflußbar ist und durch deren Reduzierung der Motor entlastet werden kann. Da ist zunächst die Reibung des Bandes an den beiden Kopfspiegeln und den 3 Bandführungsbolzen. Die auftretende Belastung des Motors durch diese Reibung ist erheblich und ist durch die Einstellung der Ablaufbremse stark beeinflußbar. Die Spannfeder für die Ablaufbremse muß deshalb so justiert werden, daß der Filzbelag der Ablaufbremse am Gummibelag des Rückspullagerunterteils gerade so stark wirkt, daß das Band, ohne durchzuhängen und ohne Wellenbildung, auf den ersten Bandführungsbolzen zuläuft und einwandfrei ohne Schlaufenbildung abwickelt. Die Kraft, mit der die Gummiandruckrolle an die Tonwelle drückt, soll nur so groß gewählt werden, wie dies für einen schlupflosen Transport des Bandes notwendig ist. Wird der Andruck übermäßig groß gewählt, so belastet dies den Antriebsmotor sehr stark, so daß es zu einer überhöhten Stromaufnahme kommt. Zu schwacher Andruck kann zu Jaulerscheinungen führen. Die Rutschkupplung des rechten Lagers soll für ein einwandfreies Aufspulen des Magnetbands sorgen. Das Band muß sich sauber Lage auf Lage aufwickeln, ohne daß es zwischen dem rechten Bandführungsbolzen und dem rechten Spulenlager durchhängt oder zu Wellenbildung neigt. Sollte aufgrund des geringen Spulengewichts der Bandzug nicht stark genug sein, so ist ein geeigneterer Filz zu verwenden. Hier läßt sich der richtige Bandzug nur im Versuch ermitteln. Eine Angabe der absolut erforderlichen Kräfte erscheint müßig, da der Amateur wohl in der Regel kaum über einen geeigneten Satz von Federwaagen verfügt.

14. Aufbau der Schaltung

Die Schaltungen werden auf Leiterplatten realisiert. Hierfür bieten sich zwei mögliche Ausführungsformen an. Entweder werden entsprechende Leiterplatten angefertigt, wie bereits in der einschlägigen Literatur vielfach berichtet wurde, oder man setzt konfektionierte Leiterplatten ein, wie sie im Fachhandel erhältlich sind. Im Mustergerät wurde von der letztgenannten Möglichkeit Gebrauch gemacht. Die dort verwendete konfektionierte Leiterplatte trägt die Typenbezeichnung *3117-1* und ist in den Amateurfilialen des RFT-Industrievertriebs erhältlich. Neben durchgehenden Leiterzügen hat diese Leiterplatte Lötinseln mit 2, 3, 5 und 8 Bohrungen. Verwendet man selbstentworfene Leiterplatten, so ergibt sich ein wesentlicher Vorteil. Die einzelnen Bauteile lassen sich optimal, d. h. mit geringstem Flächenbedarf auf der Leiterplatte anordnen. Diese Methode hat aber den Nachteil, daß ein erheblicher Zeitaufwand für das Entwerfen der Leiterplatte notwendig ist. Selbst bei sorgfältig entworfenen Leiterplatten kann es nach der Montage der Bauelemente passieren, daß einzelne Stufen wegen der hohen Verstärkung Schwingneigungen zeigen, die sich erst nach Umgruppierung der Bauelemente beseitigen lassen. Bei der Verwendung konfektionierter Leiterplatten entfällt der gesamte Arbeitsaufwand für das Entwerfen der Platten. Als Nachteil dieser Schaltungstechnik ergibt sich jedoch, daß der Flächenbedarf wesentlich größer wird und daß Drahtbrücken zwischen die Leiterzüge gelötet werden müssen. Schwingt eine derartig aufgebaute Schaltung, so ist die Umgruppierung der Bauelemente meist sehr einfach.

Im Mustergerät wurden folgende Schaltungsvarianten gewählt:

Da das Gerät für eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/s ausgelegt wurde und ein hochwertiger Aufzeichnungsverstärker eingesetzt werden sollte, wurde die Schaltung gemäß Bild 3

verwendet. Natürlich mußten hier einige Bauelemente entsprechend der Bandgeschwindigkeit 9,5 cm/s im Entzerrerzweig verändert werden, was ebenfalls für den im Muster gewählten Wiedergabeverstärker gemäß Bild 6 gilt. Für den Löschgenerator wurde die Schaltung nach Bild 9 und für die Pegelanzeige die nach Bild 11c eingesetzt. Das Klangregelnetzwerk wurde nach Schaltung Bild 13, der NF-Endverstärker nach Bild 14 (jedoch nur für eine Ausgangsleistung von 400 mW) und die elektronische Drehzahlstabilisierung nach Bild 16 aufgebaut. Für den Stromversorgungsteil wurde die Schaltung gemäß Bild 18 verwendet. Auf eine automatische Batterie-Netzumschaltung wurde verzichtet und hierfür ein kleiner Umschalter an der Geräterückseite angeordnet. Bild 34 zeigt die Draufsicht auf das fertig montierte Gerät. Abdeckhaube, Deckplatte und Kappe sind dabei abgenommen. In der Abdeckhaube befinden sich der Lautsprecher, ein Koppelkondensator, 2 Diodenbuchsen und die Ausgangsbuchsen für einen Außenlautsprecher. Links ist der

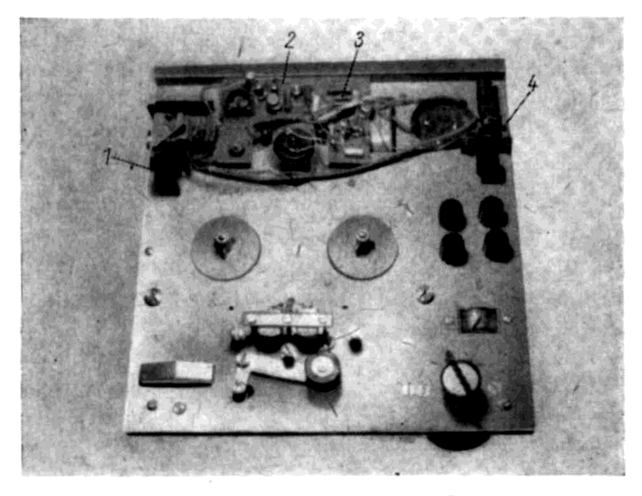


Bild 34 Oberseite des bestückten Magnetbandgeräts

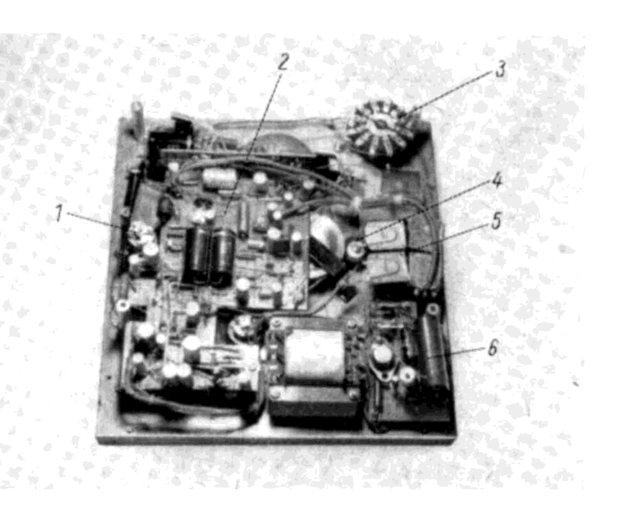


Bild 35 Unterseite des bestückten Magnetbandgeräts

A-W-Schalter (1) zu erkennen. Rechts auf der Montageplatte ist der Spurwahlschalter (4) angeordnet und hinter dem Antriebsmotor eine kleine Leiterplatte, die die Schaltung der elektronischen Drehzahlregelung (2) und den Löschgenerator (3) trägt. Die Oszillatorspule ist unterhalb dieser Leiterplatte angeschraubt. Der mittlere Bandführungsbolzen auf dem Andruckhebel (5) ist ebenfalls gut zu erkennen. Bild 35 zeigt die Unteransicht des Geräts. In der rechten oberen Ecke des Bildes ist der Betriebsartenschalter S_3 zu sehen. Rechts neben dem Netztransformator (7) ist die Netzteilplatine angeordnet (6). Für den Leistungstransistor wird bei der niedrigen Stromaufnahme des Geräts kein Kühlblech benötigt. Neben den 4 Reglern für die Funktionen Aufnahmepegel, Lautstärke, Höhen und Tiefen (5) ist die Gummiandruckrolle des schnellen Vorlaufs (4) zu sehen. An der linken Kante der Montageplatte ist der Rückspulmotor (1) deutlich zu erkennen. Die Platine (2) trägt die Schaltung des Aufzeichnungsverstärkers, des Wiedergabeverstärkers und die Bauelemente des Klangregelnetzwerks. An der Oberkante dieser Platine ist eine

weitere senkrecht stehende Platine zu erkennen, die an die Platine (2) angelötet ist. Deutlich zeigt diese senkrecht stehende Platine Bild 36. Diese Platine trägt sämtliche Bauelemente des NF-Endverstärkers (1). Die beiden Leistungstransistoren wurden mit Kühlfahnen (2) versehen, die miteinander verschraubt wurden. Bei einer Ausgangsleistung von maximal 400 mW reichen diese Kühlschellen völlig aus. Der Koppelkonsensator zum Lautsprecher wurde direkt am Lautsprecher angeordnet. Der Lautsprecher selbst ist ein Importtyp mit 65 mm Durchmesser und einer Impedanz von 8 Ω. Die NF-führenden Leitungen sollten unbedingt abgeschirmt werden. Die Entstörung des Motors erfolgte im Mustergerät mit HF-Drosseln, Kondensatoren und einigen Ferritperlen, die auf die Motorzuleitung aufgefädelt und in der Nähe des Motors angeklebt wurden. Da die Entstörmethoden und der hierfür erforderliche Aufwand vom verwendeten Motor und von der Anordnung der Bauelemente in der Schaltung abhängig sind, muß das beste Ergebnis im Versuch ermittelt werden. Sämtliche Stufen wurden nur jeweils am Eingang an Masse gelegt (gegen Chassis).
Der beschriebene Aufbau des Geräts bzw. der Schaltungen soll nur als einer von vielen möglichen Lösungswegen angesehen werden.

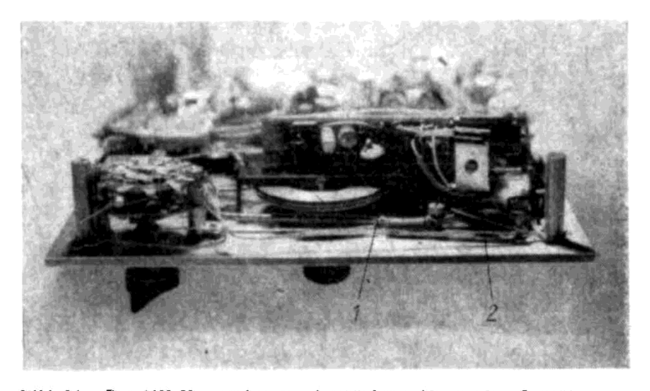


Bild 36 Der NF-Verstärker am bestückten Magnetbandgerät

15. Elektrische Einstellungen

Bevor die einzelnen elektrischen Baugruppen in das Gerät eingebaut werden, sollten sie einer elektrischen Prüfung hinsichtlich Arbeitspunkte, Stromaufnahme usw. unterzogen werden. Nach der Montage der Platinen im Gerät sind zunächst die 3 Bandführungsbolzen so einzustellen, daß das Band absolut parallel zur Montageplatte läuft und waagerecht vom linken Spulenlager abläuft und ebenso waagerecht in die rechte Bandspule einläuft. Die Bandführungsbolzen sind nach der Justage mit Kontermuttern zu sichern.

15.1. Meßmittel

Für das Einmessen der einzelnen Baustufen soll nachstehende Ausrüstung vorhanden sein:

1 Vielfachmesser (20 kΩ/V)

1 NF-Oszillograf

1 NF-Generator bis 20 kHz, möglichst durchstimmbar.

Sehr nützlich ist noch ein Röhrenvoltmeter mit einem untersten Meßbereich von 5 mV. An „mechanischen" Meßmitteln soll ein Bezugsmagnetband sowie ein in der Länge markiertes Magnetband zur Verfügung stehen.

15.2. Einstellen der Motordrehzahl

Die richtige Bandgeschwindigkeit und somit die Motordrehzahl stellt man am Potentiometer P der elektronischen Motordrehzahlregulierung ein. Um die richtige Bandgeschwindigkeit relativ genau einstellen zu können, wird ein Bandstück mit einer Länge von genau 5,718 m markiert. Bei einer Bandgeschwindigkeit von 19,05 cm/s läuft dieses Bandstück genau 0,5 Minuten. Bei einer Bandgeschwindigkeit von 9,53 cm/s

läuft das Bandstück genau 1 Minute und bei einer Bandgeschwindigkeit von 4,76 cm/s 2 Minuten. Die Laufzeit des Bandstücks wird mit einer Stoppuhr gemessen und darf ± 2 % abweichen.

15.3. Herstellung eines Bezugsmagnetbands

Für die weiteren Einmeßarbeiten ist ein Bezugsband gemäß den TGL-Festlegungen erforderlich. Da es sich beim vorliegenden Gerät jedoch um eine reine Amateurkonstruktion handelt und der Amateur kaum über ein entsprechendes Bezugsband verfügen wird, soll die Herstellung eines solchen Bandes für die unterschiedlichen Geschwindigkeiten beschrieben werden. Hierbei lehnen sich die Frequenzen und die Zeiten an die des TGL-gerechten Bezugsbands an. Es werden jedoch Vereinfachungen getroffen, die für die Amateurpraxis durchaus zulässig sind. Für das Bezugsband wird der gleiche Magnetbandtyp verwendet, mit dem später das Bandgerät betrieben werden soll. Da es sich hier um ein Vierspurgerät handelt, wird die Verwendung der Bandsorte *PS* empfohlen. Für die Herstellung des Bezugsmagnetbands muß ein industriell gefertigtes Gerät zur Verfügung stehen. Dieses Gerät sollte möglichst über gute Gleichlaufeigenschaften verfügen und einen genau eingemessenen Verstärker haben. Die Spurbreite muß dem des Eigenbaugeräts entsprechen. Bei der Herstellung des Bezugsbands werden unterschiedliche Frequenzen bei unterschiedlicher Aussteuerung aufgenommen. Dabei wird das Bandgerät von einem NF-Generator ausgesteuert. In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Frequenzen zusammengefaßt.

Bezugsband für 19,05 cm/s:

1. Pegeltonteil

Für eine Dauer von 30 s eine Frequenz von 315 Hz bei Vollaussteuerung aufnehmen.

2. Taumelteil

Für eine Dauer von 60 s eine Frequenz von 10 kHz und an-

schließend für eine Dauer von 8 s eine Frequenz von 1000 Hz aufnehmen. Der Taumelteil des Bandes wird mit — 10 dB gegenüber Vollaussteuerung aufgenommen.
3. Frequenzgangteil
Reihenfolge der Frequenzen: 1 kHz, 30 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 6,3 kHz, 8 kHz, 10 kHz, 12,5 kHz, 16 kHz.
Die einzelnen Frequenzen sind je 8 s aufzunehmen. Zwischen den Frequenzen liegen Pausen von je 3 s. Der Pegel der Frequenz 1 kHz muß — 20 dB unter Vollaussteuerung liegen.

Bezugsband für 9,53 cm/s:
1. Pegeltonteil
Wie bei 19,05 cm/s.
2. Taumelteil:
Wie bei 19,05 cm/s, jedoch mit — 15 dB gegenüber Vollaussteuerung.
3. Frequenzgangteil
Beginnt mit 315 Hz und endet mit 12,5 kHz. Sonst wie bei 19,05 cm/s.
Der Pegel der Frequenz 315 Hz muß — 20 dB unter Vollaussteuerung liegen.

Bezugsband für 4,76 cm/s:
1. Pegeltonteil
Wie bei 9,5 cm/s.
2. Taumelteil
315 Hz für 8 s und 6,3 kHz für 60 s; mit — 20 dB unter Vollaussteuerung.
3. Frequenzgangteil
Wie bei 9,53 cm/s, endet jedoch bei 8 kHz, und der Pegel bei 315 Hz liegt — 30 dB unter Vollaussteuerung.

15.4. Eintaumeln der Köpfe

Die Taumelfrequenz des Bezugsbands wird abgespielt und dabei die Kopfspaltstellung so verändert, daß sich am Aus-

gang des Wiedergabeverstärkers ein Spannungsmaximum, gemessen mit dem Röhrenvoltmeter, einstellt. Die richtige vertikale Stellung der Köpfe wird durch Unterlegen von Pappe oder Papier erreicht. Die richtige Höheneinstellung erfolgt durch Unterlegen der Metallunterlagen.

15.5. Messen des Wiedergabefrequenzgangs

Der Wiedergabefrequenzgang des Verstärkers läßt sich bei Verwendung des Bezugsbands sehr leicht bestimmen. Zunächst wird die Schaltung des Wiedergabeverstärkers mit dem Lastwiderstand abgeschlossen, dessen Wert dem Eingangswiderstand der nachgeschalteten Klangregelstufe bzw. Endverstärkerstufe entspricht. Klangregelstufe bzw. Endverstärkerstufe werden hierbei abgeklemmt. Am Abschlußwiderstand des Verstärkers wird ein Oszillograf angeschlossen. Nun wird der Frequenzgangteil des Bezugsbands abgespielt. Die bei den einzelnen Frequenzen erreichten Amplituden müssen innerhalb eines Toleranzfeldes von 3 dB zwischen der unteren Grenzfrequenz $1{,}5 \cdot f_u$ und der oberen Grenzfrequenz $0{,}66 \cdot f_o$ liegen. Zwischen den Frequenzen f_u und $1{,}5 \cdot f_u$ sowie zwischen den Frequenzen f_o und $0{,}66 \cdot f_o$ können die Amplituden ansteigen bzw. abfallen. Auf dem Oszillografen dürfen dabei keine Verzerrungen sichtbar sein. Sind Verzerrungen sichtbar oder der geforderte Frequenzgang wird nicht erreicht, so sind die Entzerrerglieder entsprechend zu verändern. Nach dieser Messung ist der Abschlußwiderstand wieder zu entfernen und die Verbindung zum Klangregelnetzwerk sowie Endverstärker wieder herzustellen. Der Endverstärker ist, wie bekannt, auf gleiche Abkappung der Amplituden einzustellen. Der Verlauf der Dämpfungskurve des Klangregelnetzwerks läßt sich jetzt ebenfalls mit dem Oszillografen sehr einfach bestimmen.

15.6. Einstellen der Vormagnetisierung

Die Vormagnetisierung des A-W-Kopfes muß richtig eingestellt sein. Mit sinkendem Vormagnetisierungsstrom steigt der Klirrfaktor sehr steil an. Es müßte also ein möglichst großer Vormagnetisierungsstrom eingestellt werden. Dem steht jedoch die Tatsache gegenüber, daß mit größer werdendem Vormagnetisierungsstrom auch die hohen Frequenzen schlechter wiedergegeben werden. Es muß also ein optimaler Arbeitspunkt für die Vormagnetisierung gefunden werden. Am einfachsten ist es deshalb für den Amateur, verschiedene Bandstücke mit unterschiedlicher Vormagnetisierung zu bespielen und mit Hilfe des Oszillografen den optimalen Vormagnetisierungsstrom zu messen. Dazu lötet man in das kalte Ende der Zuleitung zum A-W-Kopf einen Widerstand von 10Ω. Die über diesen Widerstand abfallende HF-Spannung wird dann mit dem Oszillografen oder einem HF-Röhrenvoltmeter gemessen. Anschließend werden die Bandstücke mit unterschiedlicher Vormagnetisierung abgespielt, wobei der Wiedergabefrequenzgang und die Verzerrungen mit dem Oszillografen kontrolliert werden. Ist die so ermittelte Vormagnetisierungsspannung gefunden, so wird der Meßwiderstand 10Ω wieder entfernt. Man kann nun den Kapazitätswert des Trimmkondensators ausmessen und an Stelle dieses Werts einen Festkondensator einsetzen.

15.7. Einstellen des Löschstroms

Richtwerte für das Einstellen des Löschstroms können nicht gegeben werden, da dieser vom verwendeten Kopftyp abhängt. Auch hier wird (mit einem niederohmigen Meßwiderstand in der Leitung zum Löschkopf) der Löschstrom aus dem Spannungsabfall über diesen Widerstand mit Hilfe eines Oszillografen oder HF-Voltmeters bestimmt. Nach der Messung ist dieser Widerstand ebenfalls zu entfernen. Dieser Meßwiderstand sollte etwa 0,1mal so groß sein wie der Widerstand des Löschkopfs. Die Löschfrequenz kann mit dem Oszillografen

kontrolliert werden. Ist am Aufzeichnungsverstärkerausgang ein Sperrkreis angeordnet, so ist dieser mit Hilfe des Oszillografen so einzustellen, daß zwischen Sperrkreis und Verstärkerausgang ein Minimum der HF-Amplitude gemessen wird.

15.8. Messen des Aufnahmefrequenzgangs

Nachdem der Vormagnetisierungsstrom genau eingestellt wurde, ist der Aufnahmefrequenzgang zu messen. Am einfachsten wird dabei so vorgegangen, daß von einem zweiten einwandfrei arbeitenden Magnetbandgerät das Bezugsband auf das Eigenbaugerät überspielt wird. Dies hat bei verschieden großen Aussteuerungen des Eigenbaugeräts zu geschehen. Dabei wird mit einem Oszillografen oder Röhrenvoltmeter die Eingangsspannung am Eigenbaugerät gemessen. Man braucht lediglich die Pegeltonaufnahme zu überspielen. Bei der Wiedergabe über den bereits eingemessenen Wiedergabeverstärker wird nun mit dem Oszillografen die Pegeltonaufnahme bestimmt, die unverzerrt wiedergegeben wird. Diese Pegeltonaufnahme wird dann bei der gleichen optimalen Eingangsspannung wiederholt. Dabei ist das Pegelanzeigeinstrument des Eigenbaugeräts so einzustellen, daß es Vollaussteuerung anzeigt. Anschließend wird bei Vollaussteuerung am Indikatorinstrument der Pegeltonteil des Bezugsbands vom Zweitgerät nochmals abgespielt und auf dem Eigenbaugerät bei Vollaussteuerung aufgenommen. Danach wird der Frequenzgangteil des Bezugsbands ebenfalls vom Zweitgerät überspielt, ohne daß dabei die Aussteuerung gegenüber der Einstellung beim Pegeltonteil verändert wird. Bei der Wiedergabe eines derartig bespielten Bandes muß der Wiedergabefrequenzgang innerhalb des bereits geschilderten Toleranzfeldes liegen. Ist dies nicht der Fall, so sind die Entzerrerglieder entsprechend zu verändern.

16. Fertigstellung des Geräts

Ist nunmehr das Einmessen des Geräts beendet, so kann man die restlichen Teile montieren. Das fertige Gerät zeigt Bild 37. In die Abdeckhaube (4) ist der Lautsprecher einzusetzen (im Bild unter der Gaze (5) der Abdeckhaube). Weiterhin sind die Diodenbuchse und der Anschluß für den Zweitlautsprecher in die Abdeckhaube zu montieren. Danach wird die Abdeckhaube auf die Montageplatte geschraubt. Die Tasten der Schalter (3) und (6) müssen sich leicht in der Haube bewegen lassen. Zum Schluß werden noch die Abdeckplatte (2) und die Kappe (1) angebracht, und damit ist das Gerät endlich komplett.

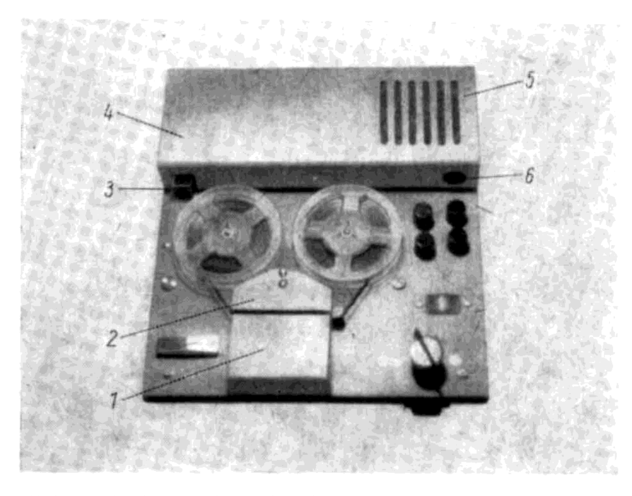


Bild 37 Das fertige Magnetbandgerät

17. Allgemeine Hinweise zum Aufbau

Es wird abschließend nochmals darauf hingewiesen, daß alle mechanischen Arbeiten sehr sauber und präzis ausgeführt werden müssen. Die Werte der Bauelemente sind Richtwerte, die aufgrund der Toleranzen der Bauelemente, ganz besonders der der Transistoren, starken Streuungen unterliegen können. Für die Batteriestromversorgung wird die Reihenschaltung von 5 Monozellen zu je 1,5 V empfohlen. Der Betrieb mit diesen Batterien ist äußerst ökonomisch.
In der Zeichnung der Montageplatte wurden keine Durchbrüche für die Zuleitungen zu den Schaltern und Köpfen auf der oberen Platte angegeben. Diese Löcher müssen bei der Montage der elektrischen Baugruppen noch gebohrt werden. Das Gerätechassis kann entweder gespritzt werden oder ist mit einem Kunstlederüberzug auszustatten. Das Muster wurde gespritzt. Das Chassis läßt sich bequem in einem Koffer oder einem Holzgehäuse unterbringen. Für die Halterung der Monozellen lassen sich vorteilhaft Batteriewannen von Koffergeräten verwenden. Das fertige Gerät erreichte hinsichtlich Frequenzgang und Ausführung die eingangs aufgestellten Forderungen.

18. Literatur

[1] *Scholz, Chr./Kubat, E.:* Langlebensdauerköpfe für Studio- und Halbstudiobetrieb, Radio und Fernsehen, 1968, H. 21, S. 650

[2] *Kubat, E.:* X 2 Q 15-16 neue Magnetköpfe für die Viertelspurtechnik, Radio und Fernsehen, 1964, H. 15, S. 453

[3] *Barnikol, R./Slansky, G.:* Kassettentonbandgerät KT 100, Radio und Fernsehen, 1970, H. 15, S. 493

[4] *Ratzki, W./Keck, J.:* Vorverstärker, Aufsprechentzerrer und HF-Generator für Hi-Fi-Geräte, Funktechnik, 1969, H. 2, S. 53–56

[5] *Beier, H. G./Richt, H.:* Ein Transistorverstärker mit neuartiger Aussteuerungsregelung für Tonbandgeräte, Funktechnik, 1963, H. 18, S. 679

[6] *Meißner, R.:* Mithörverstärker Tesla AZZ 941, Radio und Fernsehen, 1967, H. 23, S. 732

[7] *Reischock, H.:* Zusatzverstärker Tesla AZZ 941 als empfindlicher Mikrofonverstärker, Funkamateur, 1969, H. 11, S. 537

[8] *Anders, R.:* Zusatzverstärker AZZ 941 für Magnetbandgerät Tesla B4, Funkamateur, 1967, H. 12, S. 581

[9] *Huhn, D.:* Ein transistorisierter Magnettonentzerrer, Radio und Fernsehen, 1965, H. 21, S. 664

[10] *Czirr, E.:* Berechnung des Frequenzganges der Wiedergabespannung von Magnetköpfen, Radio und Fernsehen, 1968, H. 15, S. 462

[11] *Wilde, R.:* Applikation der Langlebensdauerköpfe, Radio und Fernsehen, 1969, H. 20, S. 643

[12] *Jakubaschk, H.:* Amateurtontechnik, Deutscher Militärverlag, Berlin 1967

[13] *Friebe, H.:* Heimbandgerät für Batteriebetrieb, Radio und Fernsehen, 1965, H. 14, S. 443

[14] Stereokassettenrekorder 3312 für Netzanschluß, Funktechnik, 1967, H. 8, S. 247

[15] *Fischer, L.:* Eisenlose NF-Endverstärker mit komplementären Transistoren, Funkamateur, 1969, H. 2, S. 89

[16] *Diefenbach, W. W.:* 1,5-W-Verstärker für Transistorsuper-Baustein in Minitechnik, Funktechnik, 1967, H. 10, S. 372

[17] *Mattfeld, J./Bünemann, F.:* NF-Verstärker mit komplementären Transistoren in der Gegentakt-B-Endstufe, Funktechnik, 1965, H. 8, S. 289

[18] *Hibler, W.:* NF-Verstärker bis 1,2 W mit Transistorsätzen, Funktechnik, 1965, H. 22, S. 920

[19] *Bünemann, F.:* NF-Verstärker, Funktechnik, 1965, H. 21, S. 861

[20] *Liess, W.:* Drehzahlregelung an Gleichstrom-Kleinstmotoren, Radio und Fernsehen, 1964, H. 9, S. 287

[21] *Hondek, J. M.:* Änderung am Bandgerät Uran, Funkamateur, 1970, H. 9, S. 439

116

